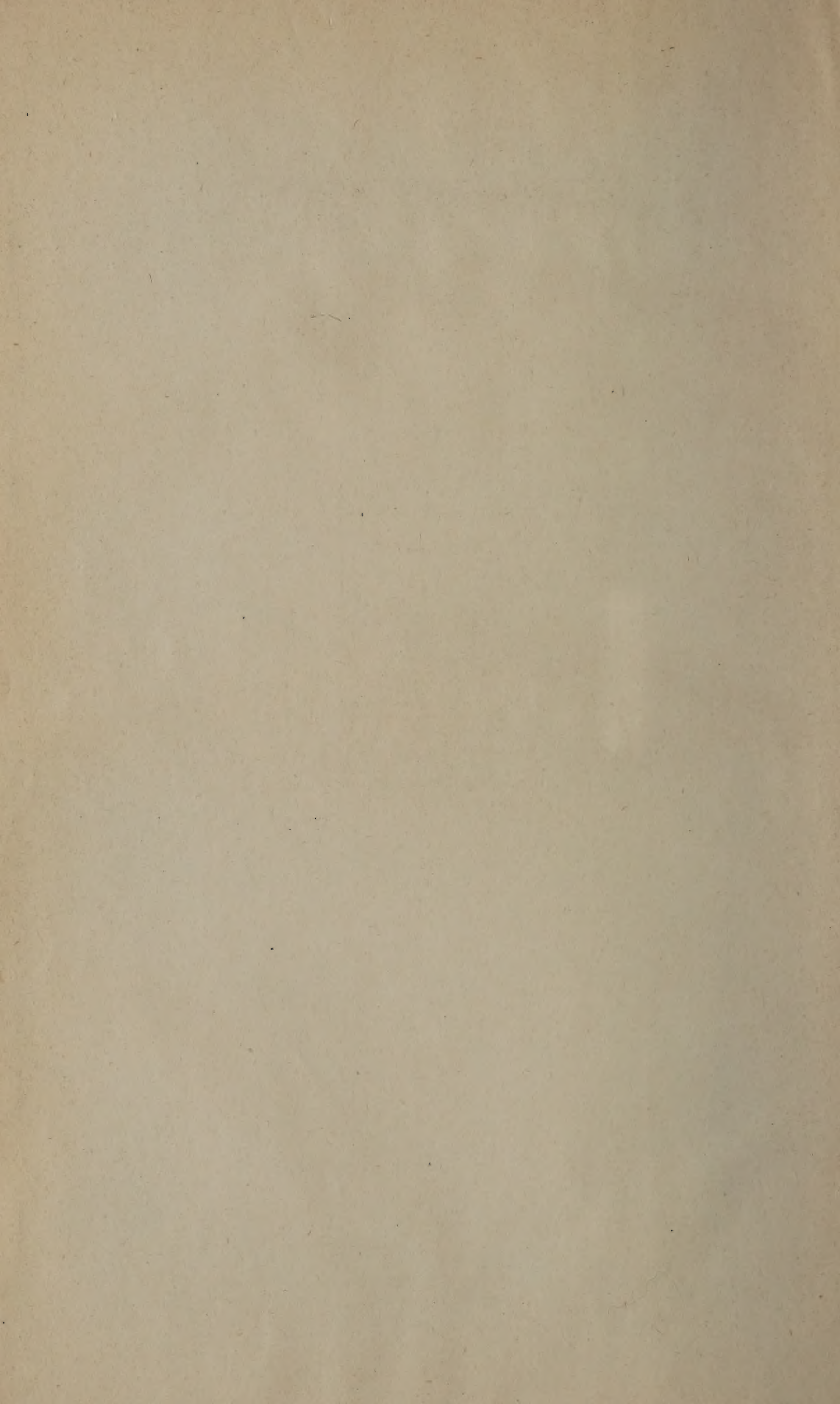




Holzstiche
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

DIE METALLURGIE.

GEWINNUNG UND VERARBEITUNG

DER

METALLE UND IHRER LEGIRUNGEN, IN PRAKTISCHER UND THEORETISCHER, BESONDERS CHEMISCHER BEZIEHUNG.

VON

JOHN PERCY, M. D., F. R. S.,
Professor der Metallurgie an der „*Government School of mines*“ zu London.

ÜBERTRAGEN UND BEARBEITET

VON

DR. F. KNAPP,
Professor der technischen Chemie und Metallurgie am Polytechnicum zu Braunschweig,

UND

DR. HERMANN WEDDING,
Königl. Preuss. Bergrath und Docenten der Eisen-Hüttenkunde und Probirkunst an der Berg-Academie zu Berlin.

AUTORISIRTE DEUTSCHE AUSGABE UNTER DIRECTER MITWIRKUNG DES ENGLISCHEN VERFASSERS.

ZWEITER BAND.

EISENHÜTTENKUNDE.

ZWEITE ABTHEILUNG.

MIT ZAHLREICHEN IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN.

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1868.

AUSFÜHRLICHES HANDBUCH

DER

EISENHÜTTENKUNDE.

GEWINNUNG DES ROHEISENS

UND

DARSTELLUNG DES SCHMIEDEEISENS UND STAHLS,

IN

PRAKTISCHER UND THEORETISCHER BEZIEHUNG,

UNTER

BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER ENGLISCHEN VERHÄLTNISSE.

NACH DEM ENGLISCHEN DES

JOHN PERCY, M. D., F. R. S.,
Professor der Metallurgie an der „*Government School of mines*“ zu London.

FREI BEARBEITET

VON

Dr. HERMANN WEDDING,
Königl. Preuss. Bergrath, Docenten der Eisen-Hüttenkunde und Probirkunst an der Berg-Academie zu Berlin, Mitgliede der technischen Deputation für Gewerbe, Ritter des Königl. Schwedischen Nordsternordens.

IN DREI ABTHEILUNGEN.

ZWEITE ABTHEILUNG.

MIT MEHREREN HUNDERT IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN.

BRAUNSCHWEIG,
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.
1868.



Inhaltsverzeichniss

zur fünften und sechsten Lieferung (ersten und zweiten Lieferung 2ter Abtheilung)

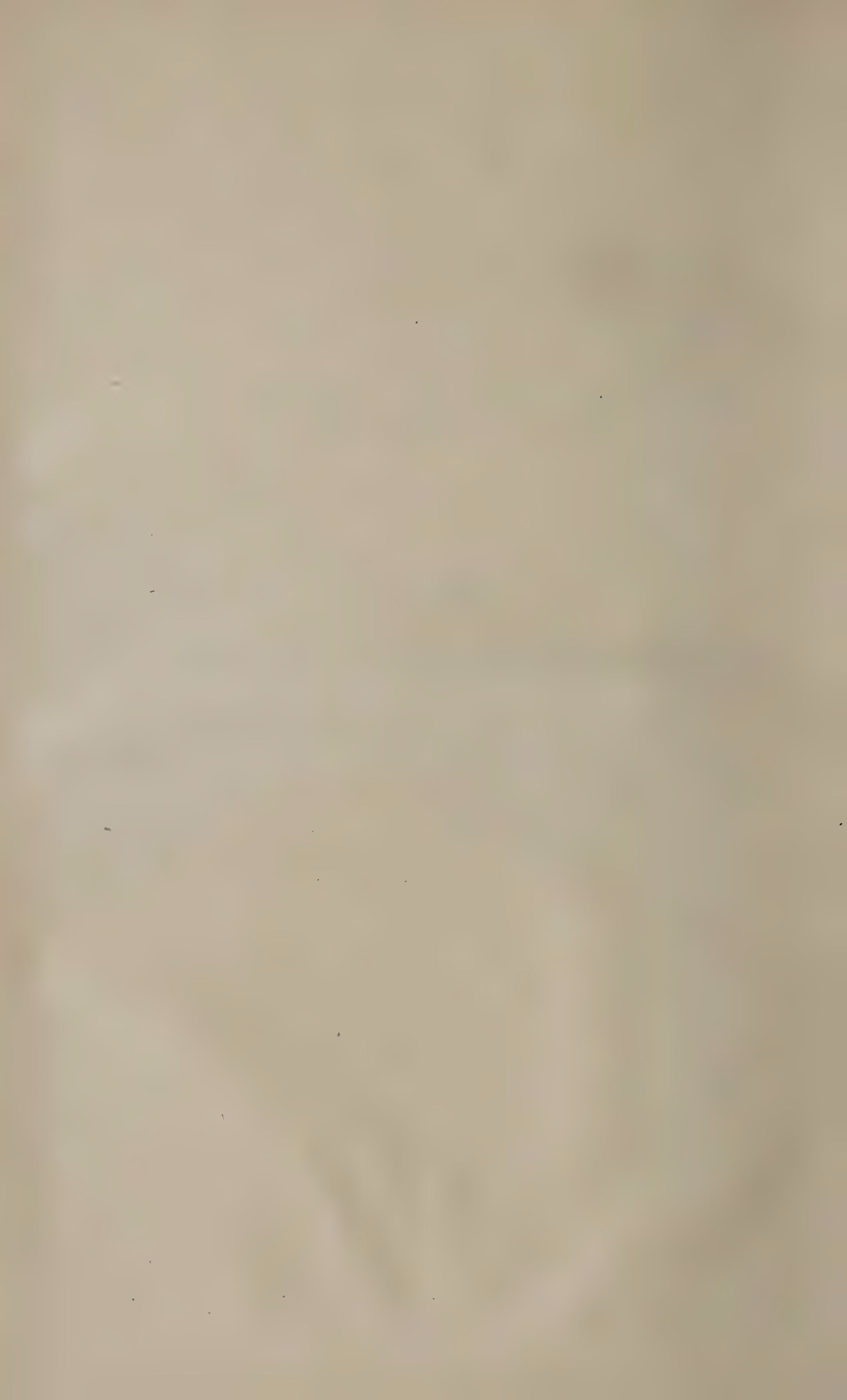
der Eisenhüttenkunde.

Berichtigungen.

Seite 39 Zeile 21 des Textes von oben lies Lürmann statt Lurmann.
„ 66 „ 2 „ „ „ unten „ Dowlais „ desgl.
„ 124 „ 19 „ „ „ oben „ Verticale „ Horizontale.
„ 140 „ 5 „ „ „ unten „ $12{,}5 \times 0{,}030972$ statt $12{,}5 + 0{,}030972$.
„ 178 „ 10 „ „ „ „ „ *i* statt *b*, und ebenso an dem unteren Ausflussrohre der Fig. 143, *i* statt *b*.
„ 196 „ 13 „ „ „ „ „ worden statt werden.
„ 205 „ 6 „ „ „ „ „ 2684^0 statt 2864^0.
„ 287 „ 2 der Anmerkung v. u. lies $CO_2 + CO$ statt $2\,CO_2$.
„ 306 Fig. 172 muss die Zahl 517^0 fortfallen.

VIERTER ABSCHNITT.

DER
HOCHOFEN-PROCESS.



Der Hochofenprocess.

Während diejenigen Processe, welche den Zweck haben, direct aus dem Erze schmiedbares Eisen darzustellen und welche im vorigen Abschnitte beschrieben worden sind, nur eine sehr beschränkte Anwendung erleiden, wird der bei Weitem grösste Theil des in der Technik benutzten Eisens und Stahls auf die Weise dargestellt, dass man aus den Erzen zuerst ein hoch gekohltes Eisen, Roheisen, erzeugt und diesem dann den Kohlenstoff, das Silicium und andere in dasselbe übergegangene Stoffe durch Oxydationsprocesse theilweise oder ganz wieder entzieht. Der erste Theil dieses Processes geschieht in Schachtöfen, welche man wegen ihrer Grösse Hochöfen, auch wohl Hohöfen nennt. Die Beschreibung dieser Oefen und ihrer Hülfs- und Nebenapparate, sowie der Vorgänge, welche bei der Erzeugung des Roheisens in denselben stattfinden, und der Arbeiten, welche hierbei nöthig sind, bildet den Gegenstand des vorliegenden Abschnittes.

Nach dem, was im ersten Abschnitt über die Reduction der Oxyde des Eisens durch Kohlenstoff und Kohlenoxyd, sowie über die Bedingungen, unter denen das Eisen Kohlenstoff aufnimmt, auseinandergesetzt ist (vergl. S. 116 u. f., S. 130 u. f.), wird es nicht schwierig sein, die chemischen Vorgänge im Hochofen bei der Erzeugung von Roheisen zu verstehen. Wenn der Hochofen (*blast-furnace*) in Gang gesetzt oder, wie man technisch zu sagen pflegt, angeblasen ist, so werden die eisenhaltigen Materialien (deren wesentlicher Theil in Eisenoxyd besteht), ferner die Zuschläge oder Flussmittel (*flux*, meistens Kalkstein) und das Brennmaterial (*fuel*) beständig von oben in den Ofen geworfen, so dass das Innere des letzteren stets gefüllt bleibt, während Schlacke (*cinder*) und Roheisen (*pig-iron*) sich ebenso beständig im unteren Theile des Ofens, dem Gestell (*hearth*) ansammeln; die Schlacke fliesst stetig aus dem Ofen durch eine Oeffnung, welche durch den Wallstein (*dam*) begrenzt zu werden pflegt; das Eisen wird von Zeit zu Zeit durch eine sonst geschlossene Oeffnung, das Stichloch (*tapping-hole*), abgelassen. So sinkt der feste Inhalt des Ofens allmälig und ununterbrochen herab. Umgekehrt dagegen dringt nahe dem Boden, durch die Formen, ein Strom atmosphärischer Luft (Wind, *blast*) ein, welcher unter theilweiser Veränderung seiner chemischen Zusammensetzung aufwärts steigt, so dass ebenfalls ein Gasstrom beständig aus dem oberen Theile des Ofens ent-

weicht oder von dort in Röhren fortgeführt wird, um zu anderen Zwecken verwendet zu werden. Der Sauerstoff der eingeblasenen Luft nämlich, wenn er durch die Formen auf die stark glühenden Kohlen strömt, wird in grösserem oder geringerem Grade in Kohlensäure umgewandelt, welche unmittelbar darauf zu Kohlenoxydgas reducirt wird. Wenn nun der Ofen keine oxydirte, der Reduction durch Kohlenoxyd fähige Substanzen und keine bei hoher Temperatur flüchtige Stoffe enthielte, so würde der aufsteigende Gasstrom keine weitere Veränderung erleiden, sondern es würden am oberen Theile des Hochofens, der Gicht (*top*), nur Stickstoff und Kohlenoxydgas austreten. Dies ist nun aber nicht der Fall. Es findet sich Eisenoxyd vor, welches leicht durch Kohlenoxyd reducirbar ist, ferner Kalkstein, welcher leicht in Kalk und Kohlensäure zerlegt wird, und, da kein absolut reiner Kohlenstoff angewendet wird, so entwickeln sich aus dem Brennmaterial auch noch flüchtige Verbindungen. Das Eisenoxyd wird zwar bei seinem Niedergange theilweise schon durch die directe Berührung mit der glühenden Kohle, hauptsächlich aber erst durch das Kohlenoxydgas in der früher angegebenen Weise reducirt. Die Temperatur des Ofens muss natürlich verhältnissmässig zur Tiefe von der Gicht an wachsen, und in Folge dessen bei ausreichender Temperatur das reducirte Eisen im untersten und heissesten Theil gekohlt und in Roheisen umgewandelt werden, welches im geschmolzenen Zustande auf den Boden des Ofens tropft. Nun ist das Erz kein reines Eisenoxyd (Oxydul oder Oxydoxydul), sondern es ist verunreinigt durch erdige Substanzen, welche als sogenannte Gang- oder Lagerarten beigemengt sind (vergl. den zweiten Abschnitt), dahin gehört Kieselsäure, Thonerde u. s. w.; und auch das Brennmaterial enthält neben dem Kohlenstoff erdige Substanzen, die Asche. Um das reducirte Eisen vollständig von diesen Substanzen zu trennen, ist es nöthig, dieselben in den flüssigen Zustand überzuführen; gewöhnlich ist ihre Zusammensetzung aber nicht der Art, dass dies bei den zur Reduction, Kohlung und Schmelzung des Eisens angewendeten Temperaturen geschehen könnte, wenn man nicht durch Zuschläge die Bildung einer leichter flüssigen Verbindung herbeiführte. Kalk ist in den meisten Fällen ein ausgezeichnet geeigneter Zuschlag. Die Kieselsäure, welche in den Erzen entweder im freien oder im gebundenen Zustande oder in beiden Arten gegenwärtig zu sein pflegt, würde, falls nicht etwa die übrigen erdigen Bestandtheile der Erze und der Asche hinreichend viel Basen enthalten, um basische Silicate zu bilden, zur Bildung von kieselsaurem Eisenoxydul Veranlassung geben, welches, in die Schlacke gehend, einen bedeutenden Eisenverlust mit sich bringen müsste, wenn nicht der Kalk als Base die Bildung einer solchen Verbindung hinderte, oder, falls dieselbe entstanden ist, sie zersetzte, indem er an Stelle des Eisenoxyduls tritt. Ausnahmen von dieser Regel kommen allerdings, z. B. bei sehr schweren Gichten (*heavy burden*), das heisst einer grossen Menge eisenhaltiger Materialien im Verhältniss zu dem angewendeten Brennmaterial vor, und der Nachtheil wird aus bestimmten, einer späteren Erläuterung

vorbehaltenen Gründen dann auch wissentlich geduldet. Uebrigens spielt die Schlacke noch eine wichtige Rolle dadurch, dass sie das geschmolzene Metall im Heerde vor Entkohlung durch den oxydirenden Einfluss des Windes schützt.

I. Der Hochofen.

Ein jeder Hochofen besteht aus Mauerwerk, welches einen schachtförmigen Raum umgiebt. Der horizontale Querschnitt des inneren Raumes ist gewöhnlich in allen Höhen kreisförmig; der Radius dieser Querschnitte vergrössert sich von der oberen Oeffnung, der Gicht (*top*), allmälig und nimmt dann wieder bis zum Boden hin ab. Der Ofenraum besteht demnach aus zwei mit ihrer Basis aufeinander gesetzten abgestumpften Kegeln. Den weitesten Theil des Ofenraums, an welchem diese beiden Kegel zusammenstossen, nennt man Kohlensack, den darüber liegenden Theil Schacht (*shaft*), den darunter liegenden Rast (*boshes*). Häufig besitzen die Wände des letzteren nicht eine gleichmässige Neigung bis zum Boden, sondern haben im unteren Theile eine steilere, zuweilen verticale Stellung. Man nennt diesen letzteren Theil dann Gestell (*hearth*), mit welchem Namen man indessen auch dann, wenn die Neigung eine durchgehends gleichförmige ist, den unteren Theil von da ab, wo durch die Formen (*twyers*) der Wind eingeblasen wird, bezeichnet. Ausser der oberen Oeffnung, der Gicht, durch welche die festen Materialien in den Ofen gebracht werden und aus welchem die gasförmigen Producte entweder in die freie Luft, theilweise verbrennend als Gichtflamme, entweichen oder abgeleitet und an anderen Stellen verbrannt werden, um zur Erhitzung der Gebläseluft, zur Dampferzeugung u. s. w. zu dienen, besitzt der Hochofen im Gestell mindestens eine, gewöhnlich aber drei bis fünf, seltener mehr, kreisrunde, mit Metallröhren (Formen, *twyers*) ausgefütterte Oeffnungen zur Einführung der Verbrennungsluft, und eine Oeffnung am Boden zum Auslassen des Eisens (den Stich, *tapping-hole*). Entweder ist der unterste Theil des Ofens, in welchem sich die flüssigen Massen sammeln (der Eisenkasten) und sich die Schlacken von dem Eisen nach dem specifischen Gewichte trennen, eine einfache Fortsetzung des darüber liegenden Theils, oder aber es ist dieser Theil unter der Vorderwand des Ofens (der Brust, *breast*) hindurch verlängert und dann noch vorn durch einen Stein (den Wallstein, *dam*), in welchem das Stichloch liegt, abgeschlossen. Im ersteren Falle nennt man den Apparat Hochofen mit geschlossener Brust; es besitzt dann die Brust ausser dem Stichloch eine Oeffnung für den Abfluss der Schlacke. Im zweiten Falle heisst der Apparat Hochofen mit offener Brust, und die Schlacke tritt unter der Brust, deren untersten Theil man Tümpel (*tymp*) nennt, hervor in den Vorheerd (*forepart*) und fliesst über den Wallstein ab.

Es möge an dieser Stelle erwähnt werden, dass die Dimensionen der Hochöfen im Inneren noch jetzt sehr verschieden sind, dass aber im Allgemeinen die älteren Oefen verhältnissmässig viel engere Gichten hatten, dass von dem Kohlensack an plötzlich, nicht durch eine Uebergangscurve vermittelt, die Verengung (Rast) eintrat, die Neigung der Rast gegen den Horizont (der Rastwinkel) eine verhältnissmässig geringe war und das Gestell, von beinahe oder ganz cylindrischer Form, einen nur kleinen Querschnitt hatte. Von den auf diese Weise abgegrenzten Zonen rühren auch die bereits erklärten technischen Bezeichnungen her, welche bei neueren Oefen, in denen die scharfen Grenzen ganz fehlen, oft kaum noch verständlich sind.

Der innere Hochofenraum ist durch feuerfestes Mauerwerk begrenzt, welches man Kernschacht (*ring-wall*, *inner-lining*) nennt. Zum Halt dieses Kernschachtes dient ein dasselbe umgebendes Gemäuer, der Rauhschacht (*outer-casing*, *shell*), welcher zuweilen auch nur durch einen eisernen Mantel vertreten ist. Um die unabhängige Ausdehnung beider Schächte zu gestatten, sind sie durch einen mit schlechten Wärmeleitern angefüllten Raum, die Füllung, getrennt. Zuweilen macht man mehr als zwei durch Füllungen getrennte, gemauerte Schächte und nennt dann die mittleren Füllschächte (*intermediate shells*). Die Construction der Hochöfen ist nicht nur in ihrer inneren Form und den Verhältnissen der einzelnen Dimensionen, sondern auch in der Art des Aufbaues des Mauerwerkes sehr verschieden, je nach den Sitten des Landes, der Ansicht der Erbauer und den localen Verhältnissen, so dass es nur wenige Gegenden giebt, in denen man zwei gleiche Hochöfen vorfindet. Es werden daher im Folgenden auch nur einige Hochofenconstructionen als typische Beispiele angeführt und daran zugleich die wichtigsten Variationen erläutert werden.

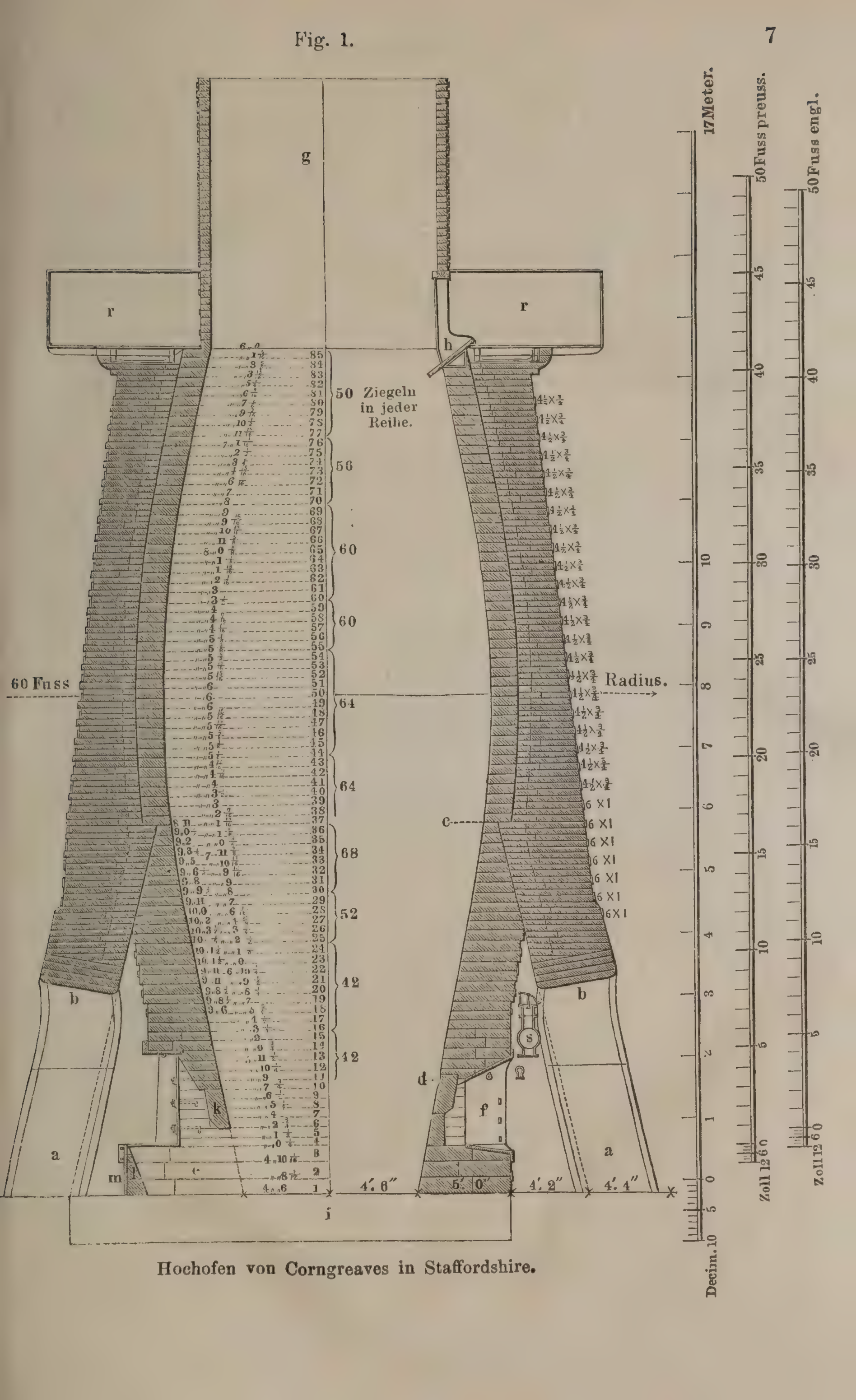
Hochöfen für Koks oder Steinkohlen.

Hochofen zu Corngreaves in Staffordshire.

Als typische Illustration eines modernen englischen Hochofens, in welchem Koks oder Steinkohle als Brennmaterial verwendet wird, ist ein im Jahre 1861 zu Corngreaves-Eisenwerk erbauter Hochofen, nach Zeichnungen des Herrn Kenyon Blackwell, gewählt worden.

Fig. 1 stellt einen Schnitt durch den Vorheerd und eine Form dieses Hochofens dar. Die Zahlen zur Linken von 8 Fuss 11 Zoll bis 9 Fuss 6 Zoll bedeuten die Radien des äusseren Umfangs der Ziegel, welche den Kernschacht bilden und welche von 9 Fuss 6 Zoll an bis zum Boden gleiche Länge haben. Die rechts davon liegende zweite Reihe Ziffern bezeichnet die Radien des inneren Schachtes; die verticale zur Linken der Mittellinie des Schachtes befindliche Ziffernreihe nennt dagegen die Zahl der Schichten feuerfester Ziegel vom Boden aus gerechnet, während die Zif-

Fig. 1.



Hochofen von Corngreaves in Staffordshire.

fern rechts von der Mittellinie die Anzahl der für den jedesmaligen Querschnitt im Umfange nöthigen Ziegeln angeben. An der äusseren Seite rechts befinden sich noch Zahlen für die Breite und Stärke der eisernen Ringe, welche das Gemäuer als Anker umgeben.

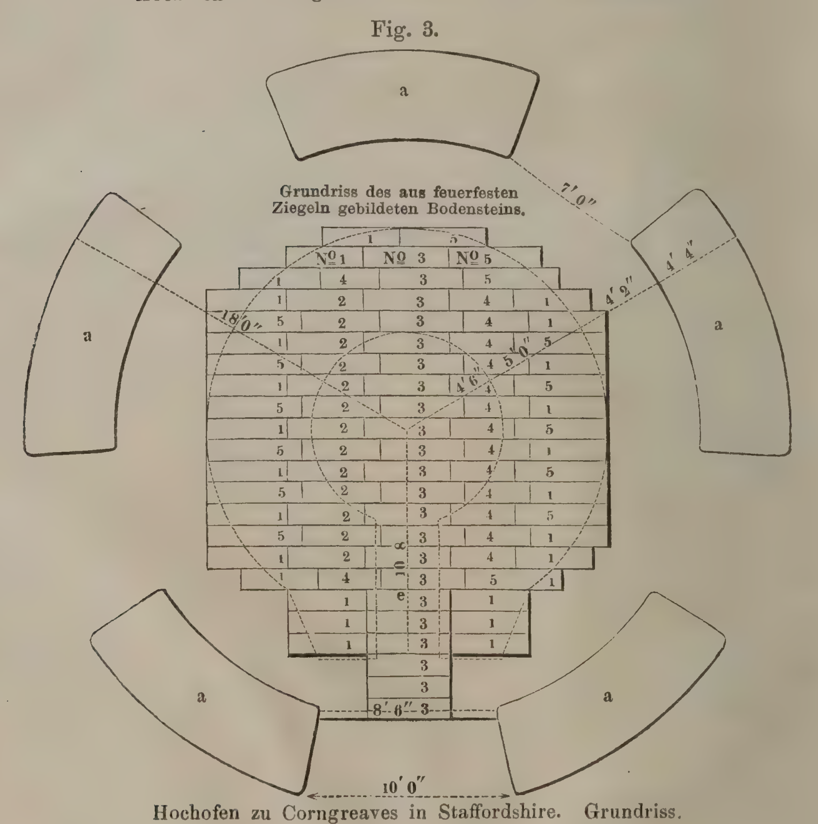
Der Schacht dieses Ofens hat einen kreisrunden Querschnitt und erweitert sich von der Gicht und vom Boden aus allmälig nach der Mitte, wie dies Fig. 1 (a. vor. S.) zeigt. Das Mauerwerk besteht aus einem inneren oder Kernschacht (*ring-wall*), welcher ganz aus feuerfesten Ziegeln errichtet ist, und einem äusseren oder Rauhschacht, welcher zum Theil aus feuerfesten, zum Theil aus gewöhnlichen Ziegeln besteht. Erstere sind hell, letztere dunkel schraffirt. Man nennt das innere feuerfeste Futter des Rauhschachtes, welches denselben für den Fall, dass der Kernschacht verletzt

Fig. 2.

2′ 6″	3′ 9″	3′ 9″	4′ 0″	3′ 0″	4′ 6″	2′ 6″
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	
	3′ 3″	3′ 9″	5′ 0″	3′ 0″	4′ 0″	

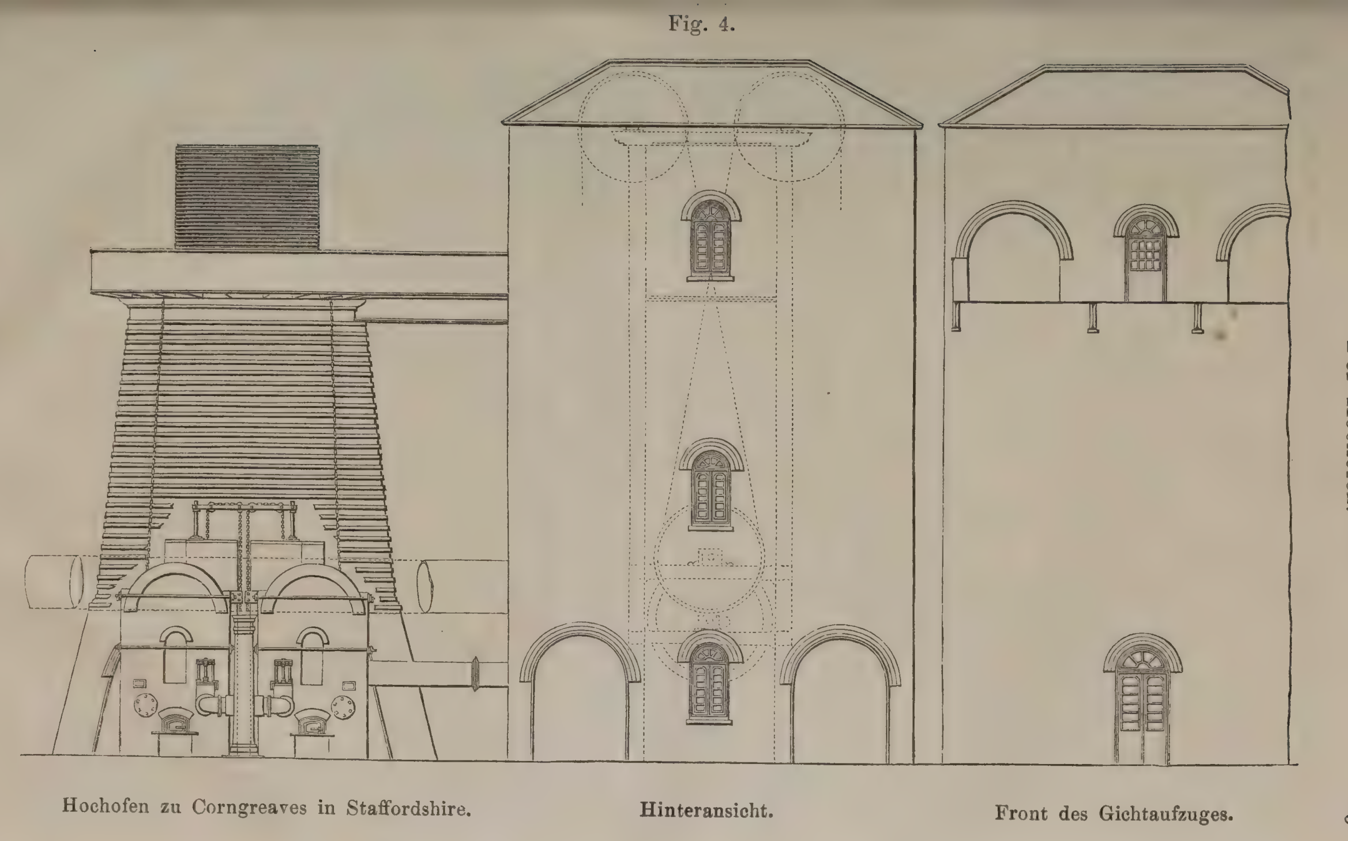
Hochofen zu Corngreaves in Staffordshire. Bodenziegel.

Fig. 3.



Hochofen zu Corngreaves in Staffordshire. Grundriss.

Fig. 4.



Hochofen zu Corngreaves in Staffordshire. Hinteransicht. Front des Gichtaufzuges.

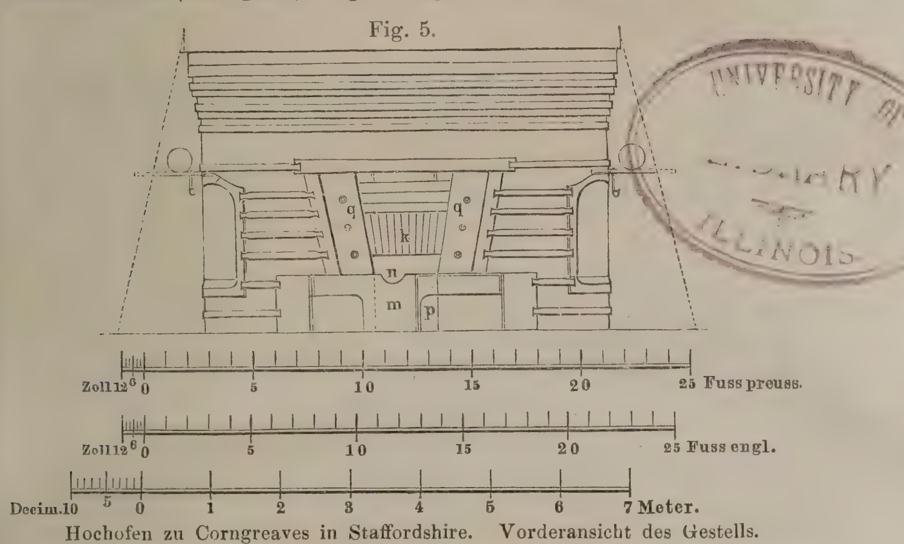
ist, schützt, das falsche Hemde. Das Rauhgemäuer wird von fünf Ziegelpfeilern *a a* (Fig. 1 und 3) getragen, welche auf einem festen Fundament ruhen. Diese Pfeiler (*pillars*), welche deswegen, weil ihrer gewöhnlich vier zu sein pflegen, Vierpass genannt werden, sind oben durch Gewölbe (*b*, Fig. 1) verbunden und bilden so eine feste und zusammenhängende Unterlage für den Oberbau. Der innere Theil oder der Kernschacht wird erst nach Vollendung des Rauhgemäuers eingesetzt und zwar der unterhalb *c* gelegene Theil zuletzt. Der letztere ist ganz unabhängig von dem oberen construirt, so dass er sich ohne Schwierigkeit erneuern (auswechseln) lässt. Der unterste Theil des Schachtes, etwa von *d* an, wird, wie bereits erwähnt, Gestell (*hearth*) genannt; er wird durch den horizontalen Bodenstein (*i*) nach unten begrenzt und verlängert sich nach vorn als Vorheerd (*fore-part*) *e*, Fig. 1 und 3. In einer bestimmten Höhe über dem Bodenstein (*hearth-bottom*) befinden sich in demselben Niveau vier viereckige Löcher, welche zur Aufnahme der Formen dienen (*f*, Fig. 1). Diese vier Oeffnungen und die Vorderseite mit dem Vorheerd bedingen hier die Zahl der fünf dazwischen liegenden Mauerpfeiler. Der Vierpass müsste daher in diesem Falle richtiger Fünfpass heissen. Die Gicht (*top*, *mouth*) des Ofens ist in Form eines cylindrischen Mantels nach oben verlängert. Man nennt diesen nur von vier gleichen rechteckigen Oeffnungen zum Aufgeben der Materialien (*filling-holes*, *h*, Fig. 1) unterbrochenen Mauertheil Gichtmantel (*tunnel-head*, *g*, Fig. 1).

Fundament. Bei dem vorliegenden Ofen beginnt das Fundament in Folge des schlechten Baugrundes 15 Fuss unter der Oberfläche mit einer 3½ Fuss dicken Lage eines Gemenges von zerbrochener Hochofenschlacke und Kalkmörtel. Hierauf ruhen die fünf Pfeiler, welche den ganzen Oberbau tragen. Der Bodenstein wurde folgendermaassen eingebaut: Der ganze leere Raum zwischen den Pfeilern ward mit Bruchstücken von feuerfesten Ziegeln und feuerfestem Thon bis zu 5 Fuss unter dem Boden des Gestells ausgefüllt; auf diese so gebildete zweite Lage kam eine Schicht von Gornal-Sandstein, 2½ Fuss stark, umgeben von Ziegelstücken; dann kam die letzte Lage, welche zugleich den eigentlichen Bodenstein bildet und, wie aus Fig. 2 und Fig. 3 ersichtlich, aus grossen, schwalbenschwanzförmigen, feuerfesten Ziegeln besteht, die gleichfalls eine Stärke von 2½ Fuss haben. Diese Form der Steine verhindert ein Heben derselben durch etwa darunter gelangendes flüssiges Eisen.

Das Gestell. Die Seitenbegrenzungen des Vorheerdes sind vertical im unteren Theile (Fig. 5, *p*), im oberen nach aussen geneigt (Fig. 5, *q*). Nach oben zu schliesst er sich vermittelst eines Gewölbes (Fig. 1 und 5, *k*), welches man Tümpelstein (auch kurzweg Tümpel, Timpel; engl. aber *tymp-arch*) nennt, an das Mauerwerk des Ofens. Das Gewölbe ist unten durch ein längliches, rechteckiges Gusseisenstück geschützt, welches Tümpeleisen (im Englischen dagegen nur *tymp*) heisst und welches im Inneren ein schmiedeisernes Rohr zur Circulation kalten Wassers enthält

(vergl. Fig. 20, 21 und 22) [1]. Das Tümpeleisen ist durch schmiedeiserne Keile an seinem Platze befestigt. Tümpeleisen und Tümpelstein bezeichnet man oft mit dem gemeinschaftlichen Namen Tümpel. Der Heerd ist noch ausserhalb der Vorderkante des Tümpels verlängert, wie Fig. 1 und 8, *e*, zeigen. Er ist dann nach vorn durch einen Wall von feuerfesten Steinen, welcher Wallstein oder Dammstein (*dam*) genannt wird, abgegrenzt (Fig. 1, *l*). Die innere Seite dieses letzteren ist nach aussen zu geneigt, während die äussere vertical abschneidet und durch eine starke gusseiserne Platte, das Schlackenblech (*dam-plate*), Fig. 1, Fig. 5, *m*, verstärkt ist.

Fig. 5.



Hochofen zu Corngreaves in Staffordshire. Vorderansicht des Gestells.

An der oberen Kante dieser Platte befindet sich eine Ausrundung *n*, welche Schlackenspur (*cinder-notch*) genannt wird und zum Ablaufen der Schlacke aus dem Ofen dient. Der Schlackenstrom nimmt von dort seinen Weg auf einer geneigten Ebene, der Schlackentrift (*cinder-fall*), abwärts (vergl. Fig. 6). Am Boden des Wallsteins und (bei dem hier beschriebenen Hochofen) an der rechten Seite vom Schlackenblech befindet sich ein mit dem Inneren des Heerdes communicirender Canal (das Stichloch, der Stich, *tapping-hole*, Fig. 5 und Fig. 8, *p*), durch welchen das flüssige Roheisen abgelassen (abgestochen, *tapped-out*) wird. In den Zwischenzeiten wird diese Oeffnung durch Gestübbe (eine Mischung von Thon und Kohle oder Koks) [2] verschlossen. Zuweilen bildet man die Mündung des Stichloches durch eine in dem Schlackenbleche ausgesparte Oeffnung, in-

[1] Zeichnungen, welche allerdings nicht zu dem hier beschriebenen Ofen gehören. Die Verfertigung solcher und ähnlicher Stücke geschieht auf die Weise, dass das schmiedeiserne Rohr gleichsam als Kern in die Form aus Sand gelegt und mit Gusseisen umgossen wird.

[2] Nicht mit Lehm oder Sand, wie Percy sagt, weil dies leicht ein Zuschmelzen und sehr unangenehme Arbeiten beim Wiederöffnen veranlasst.

dessen wird dies Arrangement von vielen Hochofenmeistern getadelt, weil es im Falle von irgend welchen Versetzungen oder anderen Unfällen eine Verlegung des Stiches in ein höheres Niveau hindert.

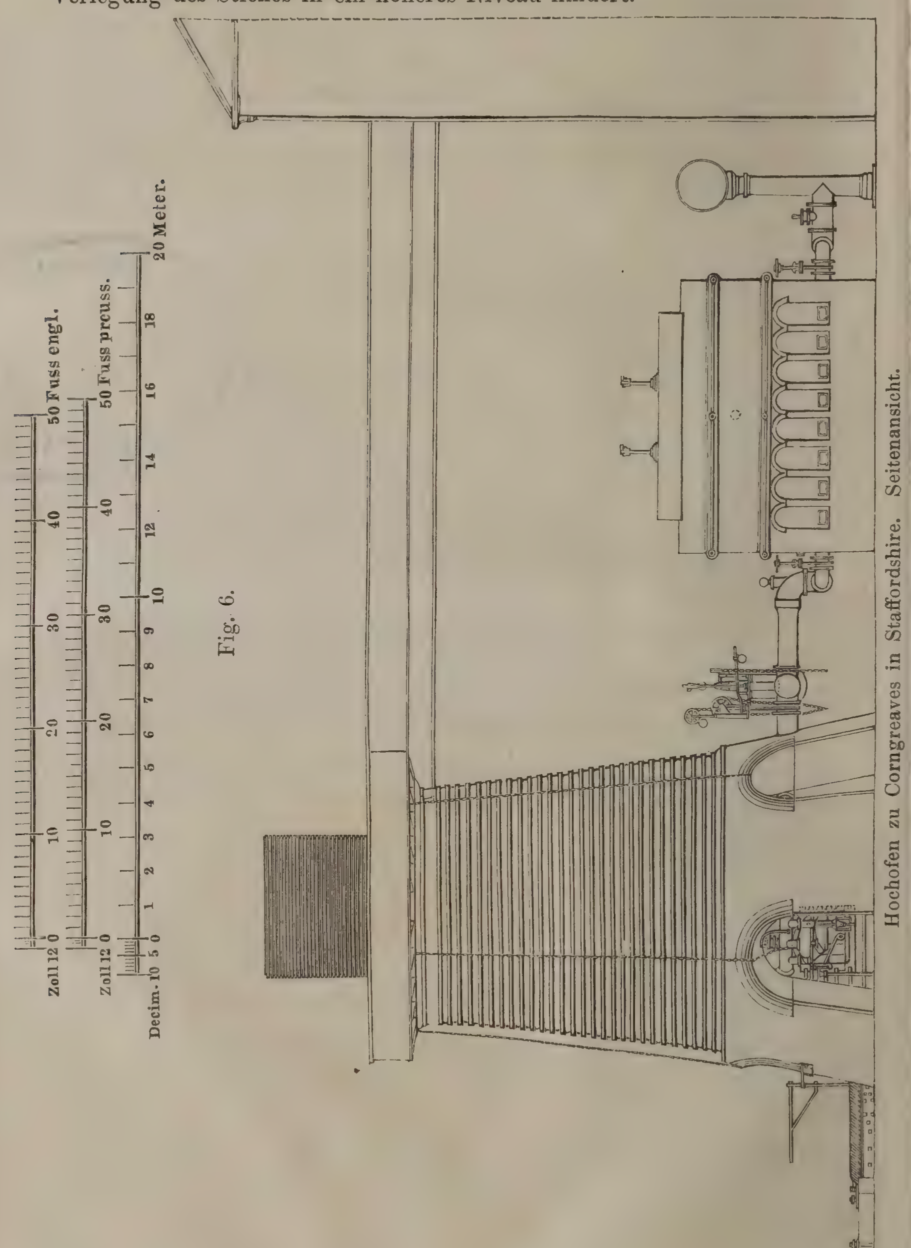


Fig. 6.

Hochofen zu Corngreaves in Staffordshire. Seitenansicht.

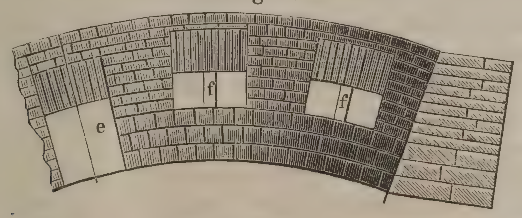
Es bleibt, wie man sieht, nach der angegebenen Construction eine Oeffnung zwischen der unteren Vorderkante des Tümpels und der oberen Hinterkante des Wallsteins, durch welche das Ofeninnere mit der Atmosphäre communicirt. Hiervon hat diese Ofenart den Namen Hochofen mit offener Brust, wogegen diejenige Ofenart, bei welcher kein Vorheerd angebracht, sondern die vordere Begrenzung wie das übrige Mauerwerk des Ofens bis auf den Bodenstein herabgezogen ist und einfach Oeffnungen zum Abstich des Eisens und der Schlacken enthält, bei welcher also gewissermaassen der Wallstein in ununterbrochener Fortsetzung des Tümpels liegt, Hochofen mit geschlossener Brust oder Blauofen genannt wird.

Die Oeffnung der Oefen mit offener Brust wird mit Sand oder Gestübbe mehr oder weniger vollständig bedeckt, und man trägt Sorge, dass später, wenn die Schlacke sich im Heerde zu hinreichender Höhe angesammelt hat, ein Canal für deren Abfluss gebildet wird. Nur in Holzkohlenöfen, in denen man es mit einer strenger flüssigen Schlacke zu thun hat, ist man genöthigt, die Schlacke mit Krücken von Zeit zu Zeit abzuziehen.

Auf jeder Seite vom Vorheerde befinden sich am Hauptmauerwerke starke gusseiserne Platten (*q q*, Fig. 5). Der untere Theil des Gestellmauerwerkes ist mit Eisenstangen, welche mit Schwalbenschwänzen in die sogleich zu beschreibenden eisernen Formkästen gefügt sind, wohl verankert (Fig. 5).

Die Formöffnungen (*twyer-openings*) des vorliegenden Hochofens sind nach innen zu radial in der Mitte durch einen Mauerziegeldamm (*ff*, Fig. 7, und Fig. 8 a. f. S.) in zwei gleiche Oeffnungen (*twyer-holes*) getheilt, in deren jeder eine Form liegt. Nach aussen sind sie unge-

Fig. 7.

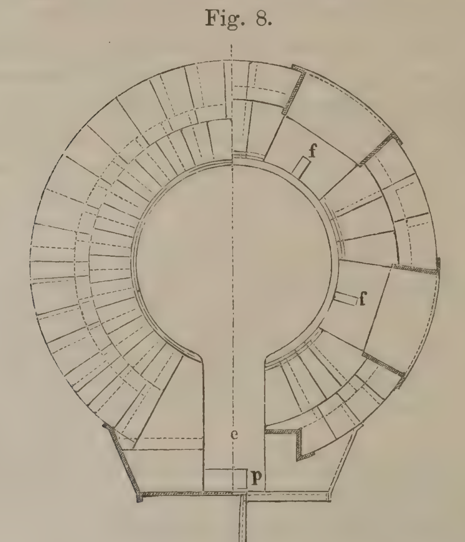


Hochofen zu Corngreaves in Staffordshire. Innere Ansicht der zwölf unteren Steinlagen des Ofens.

theilt und auf allen Seiten durch den erwähnten gusseisernen Formkasten geschützt. Da das ganze Gestell ringsum zugänglich ist, was zugleich den Nutzen einer guten Abkühlung hat, so kann der Arbeiter ohne Schwierigkeit etwa nothwendige Arbeiten an den Formen vornehmen. In älteren Hochöfen war das Gestell vom Rauhgemäuer dicht umgeben; nur enge, niedrige, dunkle und heisse gewölbte Gänge verbanden die Formgewölbe. Abgesehen von den Belästigungen, welche die Arbeiter hierbei auszustehen hatten, — ein Punkt, welchen man sowohl im Interesse der

Humanität als der Rentabilität niemals, namentlich aber auf Eisenwerken nicht ausser Acht lassen sollte, — erschwerte eine solche Construction alle Reparaturen und begünstigte eine schnelle Zerstörung des nicht gekühlten Gestells.

Fig. 8.



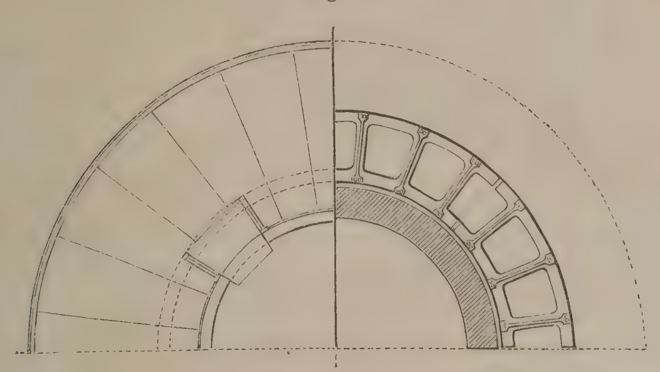
Hochofen zu Corngreaves in Staffordshire. Plan der ersten und zweiten Steinlage auf der linken, der vierten und fünften Lage auf der rechten Seite der Mittellinie.

Die Formen. Die Form (*twyer*) ist genau definirt die Oeffnung im Mauerwerk des Ofens, durch welche der Wind eingeführt wird; da aber diese Oeffnung bei metallurgischen Apparaten fast stets durch ein Metallrohr ausgefüttert ist, so ist der Name auch auf dieses Metallrohr übergegangen. Die Formen des vorliegenden Hochofens in letzterem Sinne bestehen aus hohlen abgestumpften Kegeln von Schmiedeisen mit doppelten Wandungen, zwischen denen kaltes Wasser circulirt (siehe Figur 17). Eine solche schmiedeiserne Form hat den Vortheil gegen eine gusseiserne, dass sie sich bei eintretenden Undichtigkeiten, durch Abbrennen und dergl., ohne Schwierigkeiten repariren lässt. Aus demselben Grunde giebt man ihr auch anfangs eine mehr als nothwendig grosse Länge. Die Axen der Formen liegen horizontal, gewöhnlich radial, oder nur wenig vom Radius abweichend. In der Axe der Form liegt das gleichfalls schmiedeiserne Endstück der Windleitung, die Düse (*nose, blast-pipe*). Der Zwischenraum zwischen ihr und der Form ist hier mit gebranntem Schieferthon oder Sand ausgefüllt, in Deutschland schliesst man ihn weit zweckmässiger durch einen an der Düse befestigten wulstförmigen Eisenring.

Gichtmantel (*tunnel-head*). Ein Gichtmantel ist nur bei solchen Oefen erforderlich, bei welchen keine Gasentziehung stattfindet, sondern die frei ausströmenden Gase sich an der Luft entzünden. Er dient dazu, die Arbeiter vor der Gichtflamme zu schützen. Die Aufgebeöffnungen (*filling-holes*) sind mit gusseisernen Rahmen bekleidet, deren Unterseite geneigt ist und in den Ofen vorragt. Der gemauerte Gichtmantel selbst ist mit eisernen Bändern verankert. Rund um die Gicht des Ofens läuft eine Plattform (*gallery*), welche aus gusseisernen, unterhalb durch

Flanschen vereinigten Platten besteht (Fig. 1, *r r*, und Fig. 9). Diese Plattform steht durch eine Brücke (Gichtbrücke, *bridge*) mit einem verticalen Aufzuge (dem Gichtaufzuge, *lift*), auf dem die Materialien zur

Fig. 9.

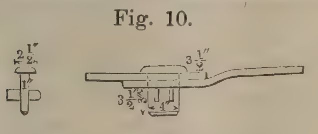


Hochofen zu Corngreaves in Staffordshire. Plan der Gichtplattform zur Linken und Schnitt des Ofenschachtes im Niveau der die erstere tragenden Consolen zur Rechten der verticalen Mittellinie.

Beschickung des Ofens hinaufbefördert werden, in Verbindung (vergleiche Fig. 4 und 6).

Ofenverankerung (*bracing*). Das ganze Ofengemäuer ist mit Eisenringen verankert (Fig. 10), welche auf den absichtlich von Zeit zu Zeit vorspringend gelassenen Enden der Ziegeln ruhen. Ketten laufen über dieselben vertical von oben bis unten, um im Falle eines Zerspringens Unfällen durch Herabfallen des Reifens vorzubeugen (vergl. Fig. 4 und 6). Nicht selten findet sich statt dieser Art der Verankerung ein vollständiger Mantel von genietetem Kesselblech. Die Ansichten über die Zweckmässigkeit eines solchen Mantels sind getheilt. Als Nachtheile desselben führt man an: Der Mantel ist theurer als einzelne Ringe; man kann ihn schwierig repariren, wenn er in Folge der zu starken Ausdehnung des Mauerwerks platzt oder aus anderen Gründen schadhaft wird; er erschwert die Ausbesserung des inneren Mauerwerks und macht sie während des Betriebs beinahe unmöglich. Hiergegen lässt sich Folgendes einwenden: Die Kostspieligkeit des Mantels wird durch den geringeren Kostenaufwand für inneres Mauerwerk, welches weit schwächer ausfallen kann, aufgewogen; der Bau des Ofens ist durch den zuerst aufgestellten Mantel sehr erleichtert; Mantel und inneres Mauerwerk bedürfen bei zweckmässiger erster Construction keiner Reparatur während des Ofenbetriebes. In älteren Oefen, bei denen das Rauhgemäuer quadratisch, nicht kreisförmig im

Fig. 10.



Art der Ankerbefestigung.

Querschnitt ist, geschieht die Verankerung durch eingemauerte, mit Splint und Keil versehene, ein Achteck bildende Eisenstangen.

Vertheilungsrohr (Hauptwindleitung, Hauptrohr, *blast-main*). Das Rohr, welches den Wind bei diesem Ofen an die einzelnen Formen vertheilt, besteht aus gusseisernen Röhren, welche durch Muffen verbunden sind. Es geht rings um den Ofen innerhalb der Pfeiler und oberhalb der Formöffnungen und wird von Consolen getragen (Fig. 4 und 6). Ein solches Arrangement, bei welchem der Wind abwärts zu den Düsen geführt wird, gestattet eine bequeme Zugänglichkeit des ganzen Apparates und verhindert ein tieferes Eindringen von Schlacke, im Fall der Wind plötzlich abgestellt werden muss — Vortheile, die den einzigen Gewinn, welchen ein unter der Erde liegendes Vertheilungsrohr bietet, bei Weitem überwiegen; denn dieser Gewinn besteht nur in Raumersparniss.

Die Düsenvorrichtungen (*blast-pipes*), welche den Wind in die Formen führen, bestehen in Knieröhren, welche bald aus Gusseisen, bald aus Schmiedeisen angefertigt sind. Nur bei Benutzung kalten Windes kann man lederne Verbindungsschläuche zwischen Vertheilungsrohr und Düse anwenden. An dem Kniee und in der Axe des horizontalen Theils und folglich auch der der Form befindet sich eine kleine Oeffnung, welche durch einen Schieber oder einen gusseisernen Pfropfen verschliessbar ist (Fig. 6) und dazu dient, die Temperatur des Windes zu messen und das Innere der Düse und Form zu beobachten. Oft ist zum Messen der Temperatur eine besondere Oeffnung angebracht und die hier beschriebene, welche in diesem Falle nur zur Besichtigung dient, durch eine Glas- oder besser Glimmerscheibe verschlossen. Doch muss auch diese letztere in einen beweglichen Schieber eingeschlossen sein, damit man nöthigenfalls mit einem schwachen Eisenstabe in das Innere der Düse gelangen und gebildete Ansätze abstossen kann.

Besondere Bemerkungen. Der vorstehend beschriebene Ofen ist theils aus feuerfesten, theils aus gewöhnlichen Ziegeln zusammengesetzt, indessen empfiehlt Kenyon Blackwell[1]) die ausschliessliche Anwendung von feuerfesten Ziegeln. In dem Rauhgemäuer (*outer-casing*, *shell*) sind hin und wieder kleine radiale Zwischenräume zwischen den Ziegeln gelassen, welche eine Ausdehnung gestatten. Im Kernschacht (*inner-lining*) lässt man indessen keine solche Räume. Früher liess man stets zwischen beiden Schächten einen ringförmigen Raum, welcher mit Sand oder anderen feuerfesten und die Wärme schlecht leitenden Substanzen gefüllt wurde. Neuerdings begnügt man sich mit der Trennungsspalte zwischen den beiden Mauerwerkskörpern und benutzt die darin befindliche Luftschicht als schlechten Wärmeleiter.

---

[1]) Vergl. S. 6.



Schlackenwagen zu Corngreaves in Staffordshire.

Kosten. Nach Blackwell kosten zwei Hochöfen, die nach der beschriebenen Art construirt sind, mit Zubehör 6000 Pfd. Strl., nämlich:

	Pf. St.		Thlr.
Jeder Ofen 1000 Pf. St.	2000 Pf. St.	oder	13,300 Thlr.
Winderhitzungsapparate, mit 60 Röhren für jeden Ofen, in zwei Abtheilungen von je 30 Röhren	1000 „	„	6,700 „
Der Dampfgichtaufzug; 24zöllige Hochdruckmaschinen mit 3 Fuss Hub; Seiltrommel, Seilscheiben, Drahtseile, Wagen, gemauertes Haus und Gichtbrücke . .	1000 „	„	6,700 „
Wind-, Dampf- und Wasserleitungsröhren	500 „	„	3,300 „
Eisenbahnen, Gussschalen, Gezähe	1500 „	„	10,000 „
Zusammen . .	6000 Pf. St.	oder	40,000 Thlr.

Gebläsemaschinen. Es sind zwei nicht mit einander verkuppelte Gebläsemaschinen an beiden Enden der Windleitung (welche aus schmiedeisernen Röhren von 5 Fuss Durchmesser besteht und zugleich als Windregulator wirkt) mit 52zölligen Dampf- und 100zölligen Gebläsecylindern vorhanden. Der Hub beträgt $8^1/_2$ Fuss. Die Maschinen sind mit schweren Schwungrädern versehen und arbeiten mit einem Dampfdruck von 20 Pfd. pro Quadratzoll, mit Expansion und Condensation. Die beiden Maschinen sind für fünf oder sechs Hochöfen bestimmt.

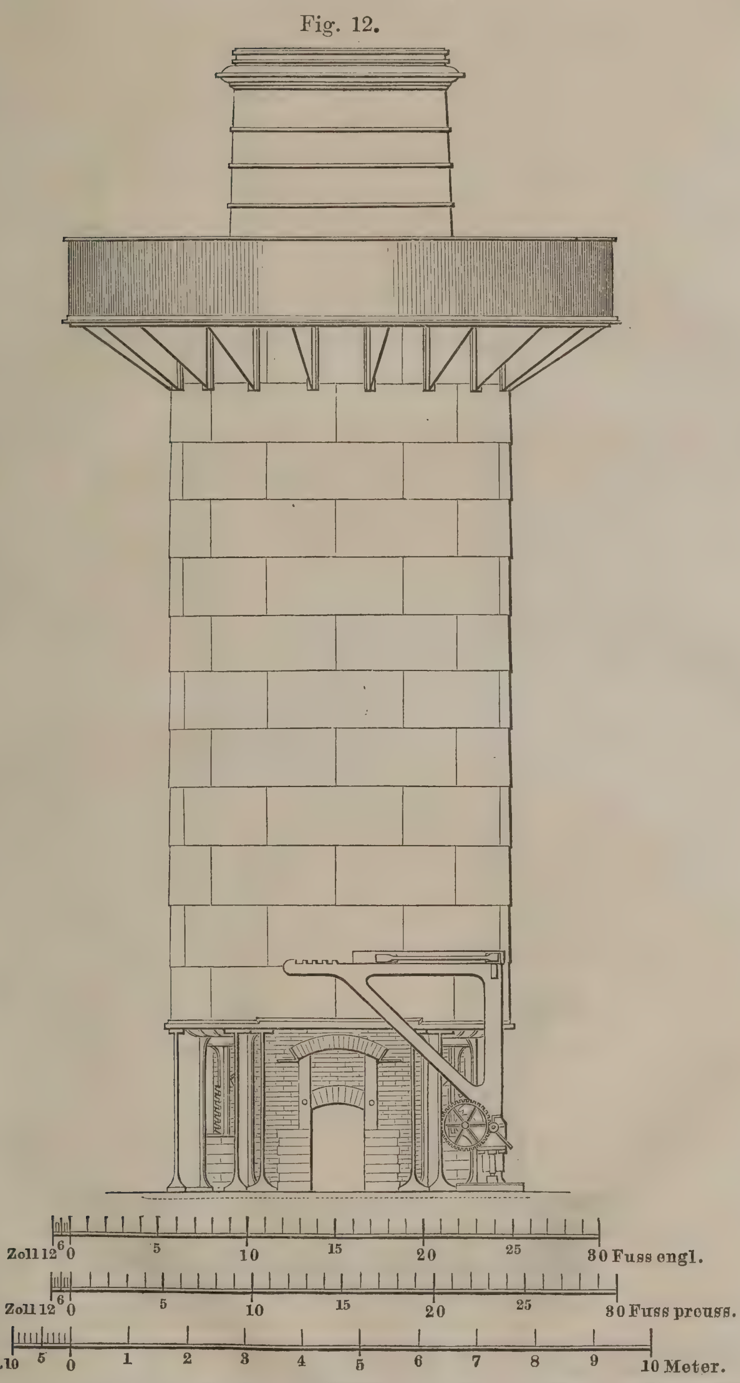
Schlackenwagen. Früher floss die Schlacke in eine Grube vor der Schlackentrift, aus der sie von Zeit zu Zeit entfernt wurde. Jetzt hat man allgemein Schlackenwagen (*cinder-tubs*) eingeführt, deren einer in Fig. 11 dargestellt ist. Er besteht aus einem eisernen Kasten, dessen aus durchlöchertem Blech gebildete Seiten sich in der auf vorstehender Zeichnung angegebenen Weise leicht vom Boden entfernen lassen. Ist der Wagen gefüllt und die Schlacke erstarrt, so löst man die Seiten, und der Schlackenblock wird auf dem mit Rädern versehenen Boden des Kastens zur Halde (*cinder-tip* oder *mound*) gefahren. Entfernt man den Schlackenblock zu früh, so kann durch Ausbrechen der im Inneren noch flüssigen Masse leicht Unglück geschehen. Man hält bei Anwendung derartiger Vorrichtungen die Brust des Ofens frei und den Giessraum sauber.

Hochofen zu Russell's Hall bei Dudley in Süd-Staffordshire.

Dieser Hochofen unterscheidet sich sowohl in Form als Construction bedeutend von dem zu Corngreaves. Er ist von S. H. Blackwell nach einem Modell, welches zuerst zu Dundyvan in Schottland Anwendung gefunden hat, erbaut worden.

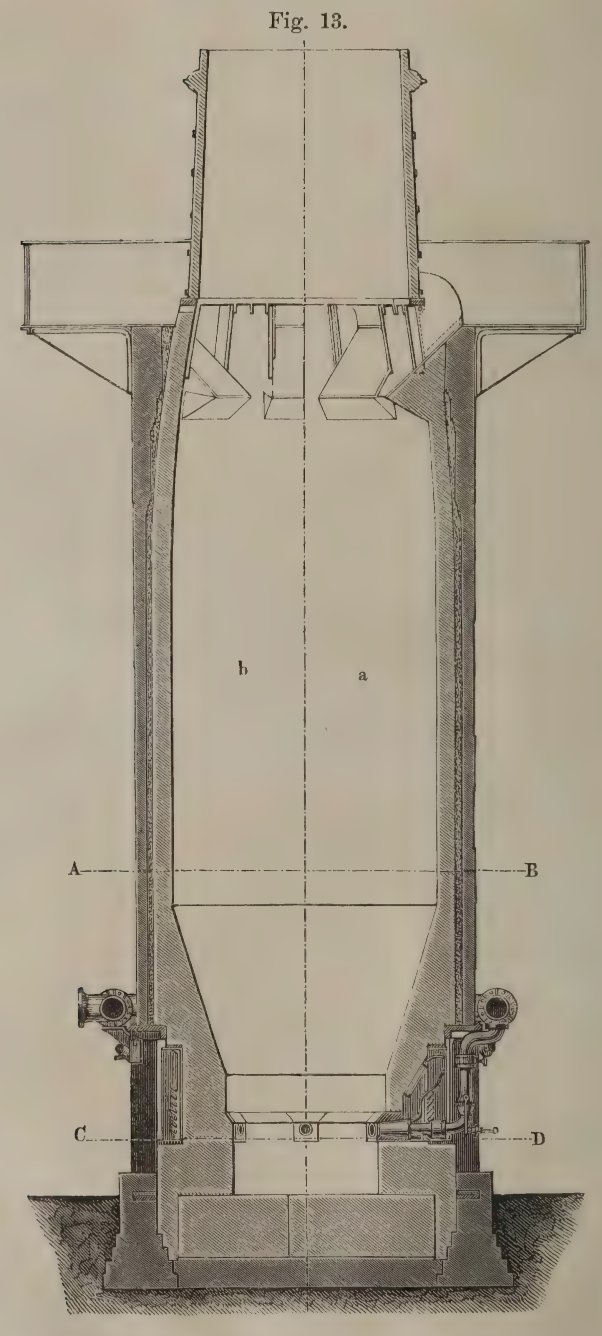
Der Ofen ist mit einem schmiedeisernen Mantel an Stelle des Rauhgemäuers umgeben. Man nennt solche und ähnliche Oefen zum Unter-

Fig. 12.



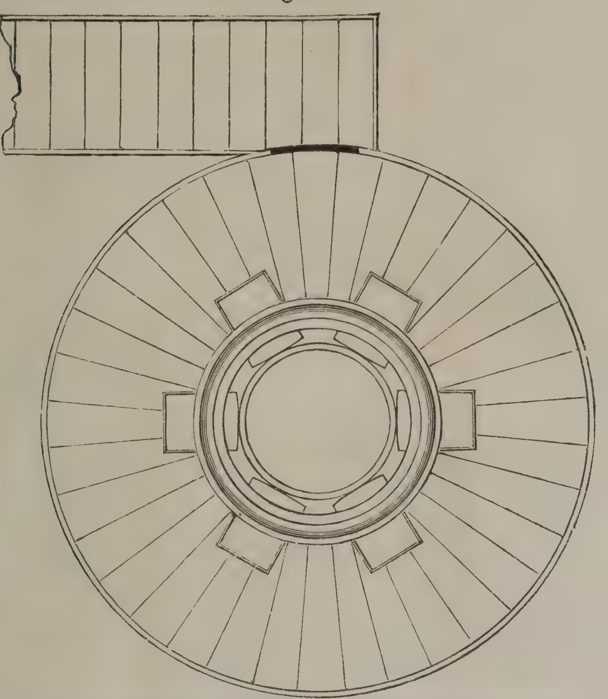
Hochofen zu Russell's Hall bei Dudley in Staffordshire. Vorderansicht mit fehlendem Wallstein (vor dem Anblasen).

Fig. 13.



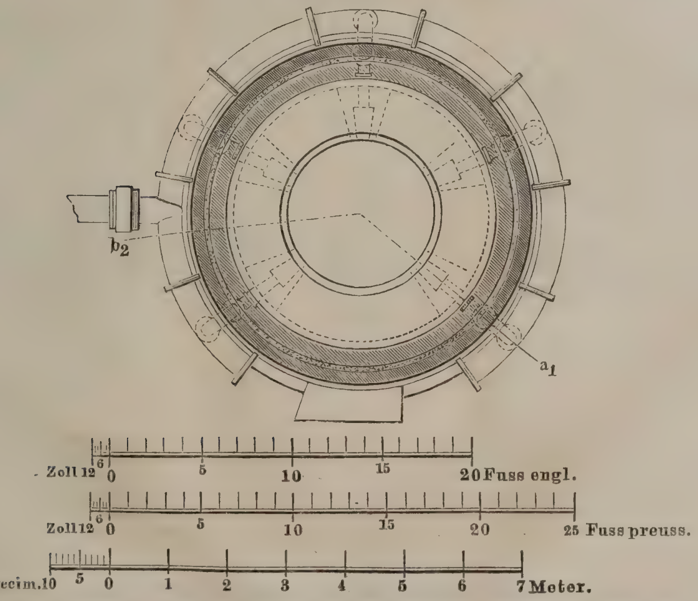
Hochofen zu Russell's Hall bei Dudley in Staffordshire. Verticalschnitt. Die rechte Seite a nach der Linie a_1, die linke Seite b nach der Linie b_2 der Fig. 15.

Fig. 14.



Hochofen zu Russell's Hall bei Dudley in Staffordshire. Obere Ansicht.

Fig. 15.

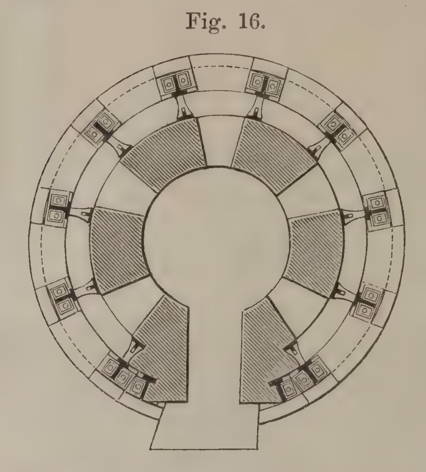


Hochofen zu Russell's Hall bei Dudley in Staffordshire. Querschnitt nach *AB* der Fig. 13.

schied von den mehr massiv gebauten auch Cupol-Hochöfen (*cupola furnaces*).

Das Innere dieses Ofens ist von der Gicht bis zum Kohlensack (*AB*, Fig. 13) beinahe cylindrisch, zieht sich von dort in der Rast zusammen, um im oberen Theile des Gestelles wieder cylindrisch zu werden, sich oberhalb der Formen nochmals zusammenzuziehen und dann cylindrisch bis zum Boden zu gehen. Der Blechmantel des Ofens ist ganz und gar cylindrisch; er wird von gusseisernen Ständern (bei den meisten ähnlichen Constructionen wendet man Säulen an) getragen, welche in Fig. 19 in grösserem Maassstabe abgebildet sind. Sie ruhen auf einem gusseisernen Ringe, dessen innerer Durchmesser $19^1/_2$ Fuss, dessen Breite $1^1/_2$ Fuss und dessen Dicke 4 Zoll beträgt. Das Mauerwerk besteht aus zwei Schichten, welche durch eine Füllung von Sand getrennt sind. Der Boden wird von grossen Sandsteinblöcken gebildet. Fünf Formen führen den Wind ein.

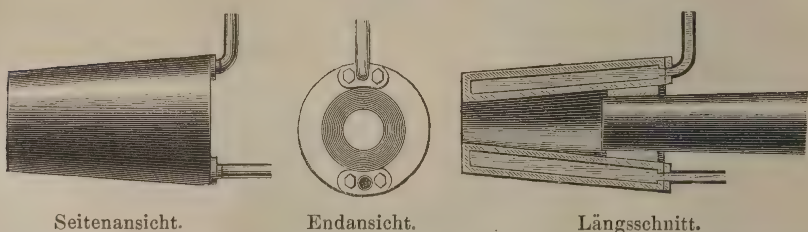
Fig. 16.



Hochofen zu Russell's Hall bei Dudley in Staffordshire. Horizontalschnitt an den Formen, nach *CD* der Fig. 13.

Der Ofen hat fünf Aufgebeöffnungen. Wie man in Fig. 13 sieht, sind die gusseisernen in den Ofen ragenden Gleitplatten von Mauerwerkskeilen getragen. Diese bestanden anfangs nicht, wurden aber auf Blackwell's Anordnung eingebaut. Derselbe empfiehlt sie allgemein, um so viel als möglich das Werfen der Platten zu verhindern. Die Construction des Vorheerdes ist aus Fig. 12 und 18 ersichtlich, in deren ersterer der Dammstein fortgelassen ist, während in Fig. 18 der Wallstein, der mit zwei Gewölben versehene Tümpel und das mit Wasser gekühlte Tümpeleisen sich zeigen. Hier ist auch die Einrichtung angewendet, das Stichloch in das Schlackenblech zu legen. Für die Arbeiten am Gestell sind

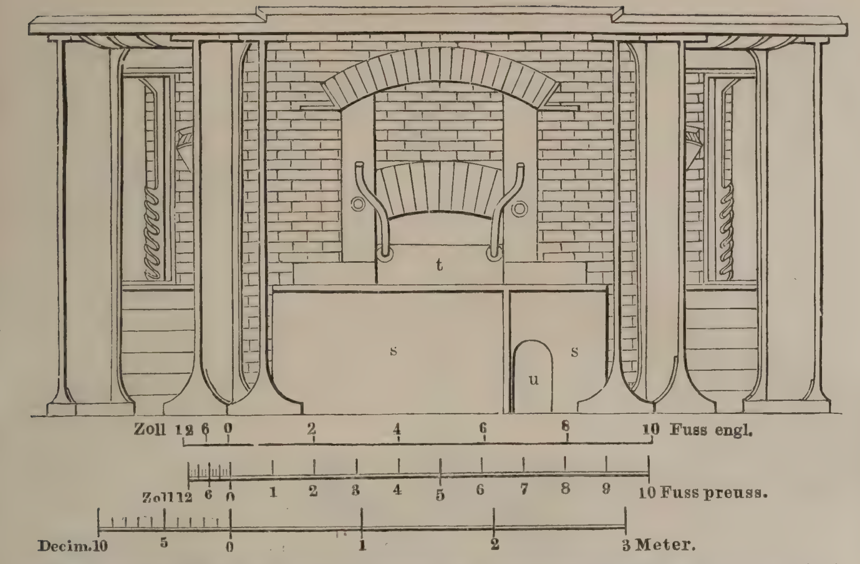
Fig. 17.



Seitenansicht. Endansicht. Längsschnitt.

Hochofen zu Russell's Hall bei Dudley in Staffordshire. Wasserform aus Schmiedeisen.

Fig 18



Hochofen zu Russell's Hall bei Dudley in Staffordshire. Vergrösserte Ansicht der Ofenbrust mit eingesetztem Wassertümpeleisen (*t*) und dem mit Stichloch (*u*) versehenen Schlackenblech (*ss*).

Fig. 19.

Zoll 12 6 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Fuss preuss.

Zoll 12 6 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Fuss engl.

c

Gusseiserne Trägersäulen.

Fig. 20.

Vorderansicht.

Fig. 21.

Längsschnitt.

Fig. 22.

Querschnitt.

Fig. 20, 21, 22. Mit Wasser gekühltes Tümpeleisen.

Fig. 19, 20, 21 u. 22. Hochofen zu Russell's Hall bei Dudley in Staffordshire.

Zoll 0 6 1 2 3 Fuss engl.

Centim. 10 5 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Decim.

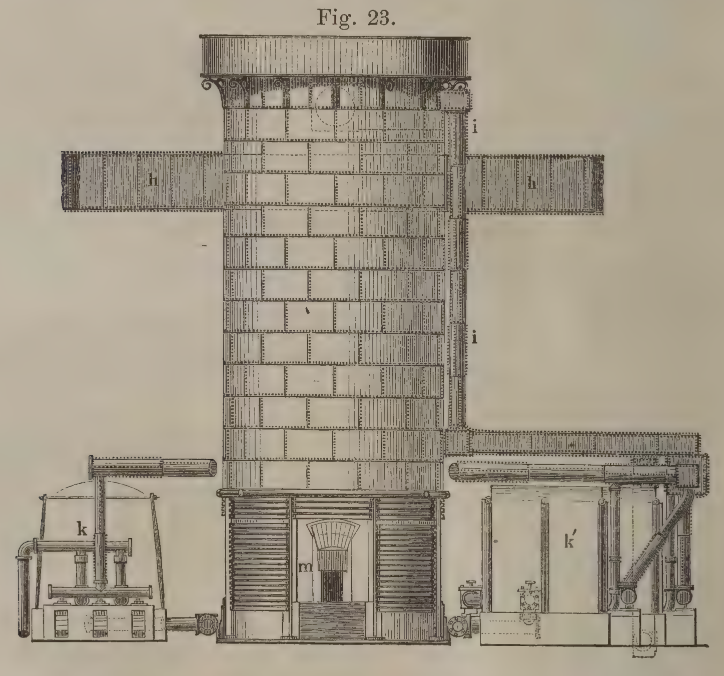
Zoll 12 6 0 1 2 3 Fuss preuss.

zur Stütze von Brechstangen gezahnte Eisenstangen rings am Ofen angebracht (Fig. 12, 13 und 18), und vorn befindet sich ein Krahn (Fig. 12), welcher zum Ausheben der erstarrenden Schlackenklumpen aus dem Schlackenloch (*roughing-hole*) dient.

Hochofen zu Ebbw Vale in Monmouthshire.

Die nachfolgenden Holzschnitte sind nach Zeichnungen der Ebbw-Vale-Eisenhüttengesellschaft angefertigt. Die Figuren 23 bis 25 stellen die ganze Einrichtung in Ansicht und Durchschnitten dar, so dass nur einige erläuternde Worte erforderlich sein werden. Der Ofen ist wie der

Fig. 23.



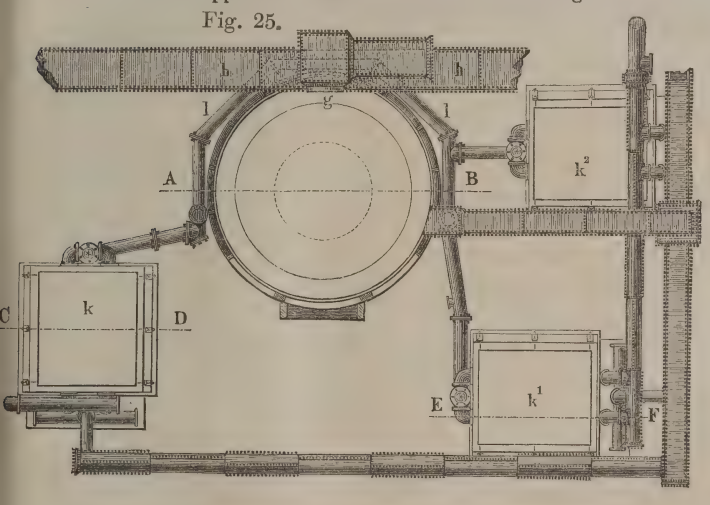
Hochofen zu Ebbw Vale in Monmouthshire. Vorderansicht mit den Winderhitzungsapparaten k und k^1.

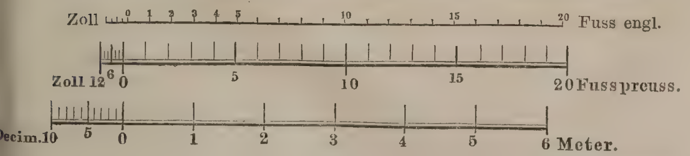
vorige mit einem Blechmantel versehen, welchem sich im mittleren Theile des Ofens direct der Kernschacht anschliesst. Der Ofen besitzt dagegen, wie der zuerst beschriebene, gemauerte Pfeiler als Träger des Hauptofentheiles und zwar vier (Vierpass), welche auf einem eisernen Ringe (*a a*, Fig. 24) ruhen. Es sind hier nur drei Formen vorhanden, welche in entsprechenden Formengewölben (*twyer-holes*, *c c c*, Fig. 24) liegen. Der darunterliegende Theil des Gestells wird eingeschlossen von im Querschnitt rechteckigen, gusseisernen Kästen, den Kühlkästen (*water-boxes*) *b b*,

Fig. 24.

Hochofen zu Ebbw Vale in Monmouthshire. Verticalschnitt durch das Centrum des Hochofens nach der Linie AB, durch den Winderhitzungsapparat k nach der Linie CD und durch den Apparat k' nach der Linie EF der Fig. 25.

Fig. 25.





Hochofen zu Ebbw Vale in Monmouthshire. Grundriss.

Fig. 24, in welchen kaltes Wasser circulirt. — Man ist in neuerer Zeit bei der Kühlung des unteren Theils des Gestells, der Formen und des Tümpels nicht stehen geblieben, sondern man hat auch das Obergestell und die Rast mit Kühlkästen versehen. Vollständige derartige Systeme finden sich z. B. an den Oefen zu Barrow in Cumberland, auf der Heinrichshütte zu Hamm a. d. Sieg. Alle diese Kühlungen haben den Zweck, diejenigen Theile des Ofens, welche in Folge sehr hoher Temperatur und chemischer Einwirkung der dort vorhandenen flüssigen oder gasförmigen Substanzen starker Abnutzung unterliegen, vor dieser letzteren zu schützen, was, wie sich später zeigen wird, wichtiger ist als der aus dem Wärmeverluste etwa entspringende Nachtheil. Es ist sogar nicht unwahrscheinlich, dass man da, wo man reichlich über Wasser zu gebieten hat, immer weiter in dieser Kühlung gehen und schliesslich zu Gestellen gelangen wird, welche beinahe ganz aus gekühlten Eisenkästen bestehen.

Bei dem Betriebe stellen sich Schwierigkeiten nur durch Leckwerden der Wasserbehälter entgegen. Es können dadurch Störungen hervorgerufen werden, die sich indess verkürzen lassen, wenn man die Wasserbehälter derart aus Theilen zusammensetzt, dass sich jeder einzelne Theil ohne Schwierigkeit gegen einen vorhandenen neuen austauschen lässt. Es können aber auch heftige Explosionen und gefährliche Beschädigungen der Apparate und Arbeiter erfolgen, wenn das Wasser in den Ofen fliesst. Während daher zwar Gusseisenkästen leichter an sich wasserdicht herzustellen sind, zieht man doch jetzt oft schmiedeiserne vor, weil das Gusseisen bei eintretendem Temperaturwechsel leichter dem Zerspringen ausgesetzt ist. Jedenfalls sollten die Kästen stets derart mit der Atmosphäre communiciren, dass sie nie als Dampfkessel wirken können, sondern dass der sich entwickelnde Dampf leicht einen Abzug nach aussen findet.

In Figur 24 bei *dd* ist der Kohlensack gegen die Rast bestimmt abgegrenzt, wogegen das Gestell allmälig in die Rast übergeht. Die Gicht ist cylindrisch fortgesetzt, um einen Apparat aufzunehmen, welchen man Doppeltrichter (*cup and cone*) nennt und der zum Abfangen der aus der Gicht entweichenden Gase dient. Es giebt sehr verschiedenartig construirte Apparate für diesen Zweck, welche in einem späteren Capitel beschrieben werden sollen. Röhrentouren *hh*, *ll*, Fig. 25, führen die brennbaren Gase zu den Winderhitzungsapparaten u. s. w. Die Kosten des Ofens sind auf Seite 28 und 29 zusammengestellt.

Hochofen zu Clarence-Eisenhütte bei Middlesboro' am Tees in Yorkshire.

Während der erst beschriebene Ofen einen gemauerten Rauhschacht und gemauerte Pfeiler, der zweite einen Blechmantel und eiserne Pfeiler, der dritte einen Blechmantel, aber gemauerte Pfeiler zeigte, so bleibt noch eine vierte Combination übrig, nämlich ein gemauerter Rauhschacht und eiserne Pfeiler. Eine solche ist in Fig. 26 (a. S. 30) dargestellt. Die Zeichnung zu diesem Ofen rührt von dem Besitzer desselben, Isaac Lowthian Bell in Newcastle. Es ist einer jener Oefen, welche nach Entdeckung des mächtigen Eisensteinlagers südlich vom Tees in so grosser Zahl entstanden sind, Oefen, bei welchen man in neuerer Zeit das Experiment gemacht hat, weit über das gewöhnliche Maass in Bezug auf die Höhe hinauszugehen, nämlich auf 95 Fuss und darüber. Der Ofen weicht auch noch in einigen anderen Beziehungen von den bereits beschriebenen ab. Das Gestell ist nicht aus künstlichen feuerfesten Steinen, d. h. aus gebrannten Thonsteinen (vergl. Bd. I der Metallurgie), sondern aus natürlichen feuerfesten Steinen gebildet. Man wendet hierzu im Allgemeinen theils Sandsteine an, welche namentlich die Steinkohlenformation und die devonische Formation in guter Beschaffenheit liefern, theils Conglomerate, wie sie in dem unteren Theil der Steinkohlenformation, dem flötzleeren Sandstein, aufzutreten pflegen. Es giebt noch eine dritte Art, das Gestell zu bilden, und diese besteht in der Anwendung von sogenannter Masse, einer Mengung von gebranntem (Chamotte) und ungebranntem Thon, welche schwach angefeuchtet um Schablonen in schwachen Lagen aufgestampft wird. Dasselbe gilt vom Bodenstein. Auch er wird theils aus künstlichen gebrannten, theils aus natürlichen feuerfesten Steinen, theils aus Masse hergestellt.

Im vorliegenden Falle besteht er aus 2 Fuss starken, überecks gestellten, schwalbenschwanzförmigen Steinen, auf welchen das Gewicht des Ofens zum grössten Theil ruht.

Der obere Theil des Mauerwerks besteht aus drei durch Luftschichten getrennten Schächten, welche von aussen durch eiserne Bänder verankert sind, also aus einem Rauhschachte, einem Kernschachte und einem dazwischenliegenden Schachte, dem Füllschachte (*intermediate shell*). Der Gichtmantel ist von Eisenblech.

Der Ofen hat drei Formen, welche im Innern $3^1/_2$ bis 4 Zoll Durchmesser besitzen.

Kosten des Hochofens zu Ebbw Val

Gusswaaren.	Tons.	cwts.	qrs.	lbs.	Tons.	cwts.	qrs.	lbs.	Pf. St.	s.	d.
8 Oberringe	5	16	—	—							
8 Unterringe	6	—	—	—							
8 Säulen	12	8	—	—	24	4	—	—			
3 Kühler unter den Formen					3	16	2	—			
3 Schwellen	—	13	2	—							
3 Platten über den Formen	1	4	—	—	1	17	2	—			
1 Wassertümpel	—	10	—	—							
1 Schlackenplatte (*Dam-Plate*)	—	13	2	—							
2 Consolen (*Brackets*)	—	2	—	—	1	5	2	—			
2 Schlackenkästen (*Cinder-troughs*) } 1 Eisenkasten (*Iron-troughs*) }	2	6	—	—							
1 Leistenblech*) (*Harp-plate*)	—	16	1	—	3	2	1	—			
1 Ring am Gichtgasentziehungsapparat (*Ring on Furnace-top under cup*)					1	15	—	—			
1 Abgestumpfter Kegel (*cup*)	2	5	—	—							
1 Voller Kegel (*cone*)	—	15	—	—	3	—	—	—			
2 Säulen (*Standards*)	—	9	—	—							
1 Sohlplatte (*Bed-plate*)	—	14	—	—							
2 Sectoren (*Bell-cranks*)	—	17	—	—	2	—	—	—			
2 Gegengewichte (*Balance-weights*)	1	4	—	—							
1 Getriebe (*Pinion*)	—	—	1	20							
1 Bremsrad (*Brake-wheel*)	—	2	—	20	1	6	2	10			
12 Consolen unter der Gicht (*Brackets under stage on top*)					—	15	1	6			
12 Platten an der Gicht (*Plates for stage-top*)					2	14	—	—			
4 Gichtbrückenplatten (*Plates-bridge*)					3	4	—	—			
Zu 8 Pf. St. pro Ton					49	—	2	16	392	5	—
Schmiedeisen.											
Mantel (*Casing of furnace*)	15	10	—	—							
Platten der Gichtbühne (*Plates round top of stage*)	—	7	—	—							
Eisenbahn (*Railing*)	—	12	—	—							
4 Gichtbrückenträger (*Girders under bridge*)	1	5	—	—							
96 Gestellringe (*Hoops round furnace-bottom*)	3	7	—	—							
192 Bolzen dazu (*Bolts for hoops*), 420 lbs.	—	3	3	—							
Zu 11 Pf. St. 10 s. per Ton					21	4	3	—	244	4	7
Arbeit am Mantel (*Labour on casing*) 15 tons 10 cwts. zu 95 s.									73	12	6
Arbeit an der Gichtbühne (*Labour on stage*)									10	—	—
Arbeit am Gasentziehungsapparat (*Labour on cup and cone arrangement*)									3	—	—
Arbeit am Gestell (*Labour on hoops etc., bottom of furnace*)									12	—	—
Bau des Ofens und Einrichtung des Heerdes (*Labour on building cupola and raising and dressing fire-stone hearth*)									92	—	—
Ziegeln (*Bricks*) = 98,227 Stück von 9 Zoll × $4\frac{1}{2}$ Zoll × 3 Zoll, durchschnittlich à $7\frac{1}{2}$ Pfd. wiegend. Zu 2 Pf. St. per 1000 Ziegeln					328	17	—	—	196	8	—
Thon (*Clay*). Zu 5 s. per ton					98	—	—	—	24	10	—
									1048	—	

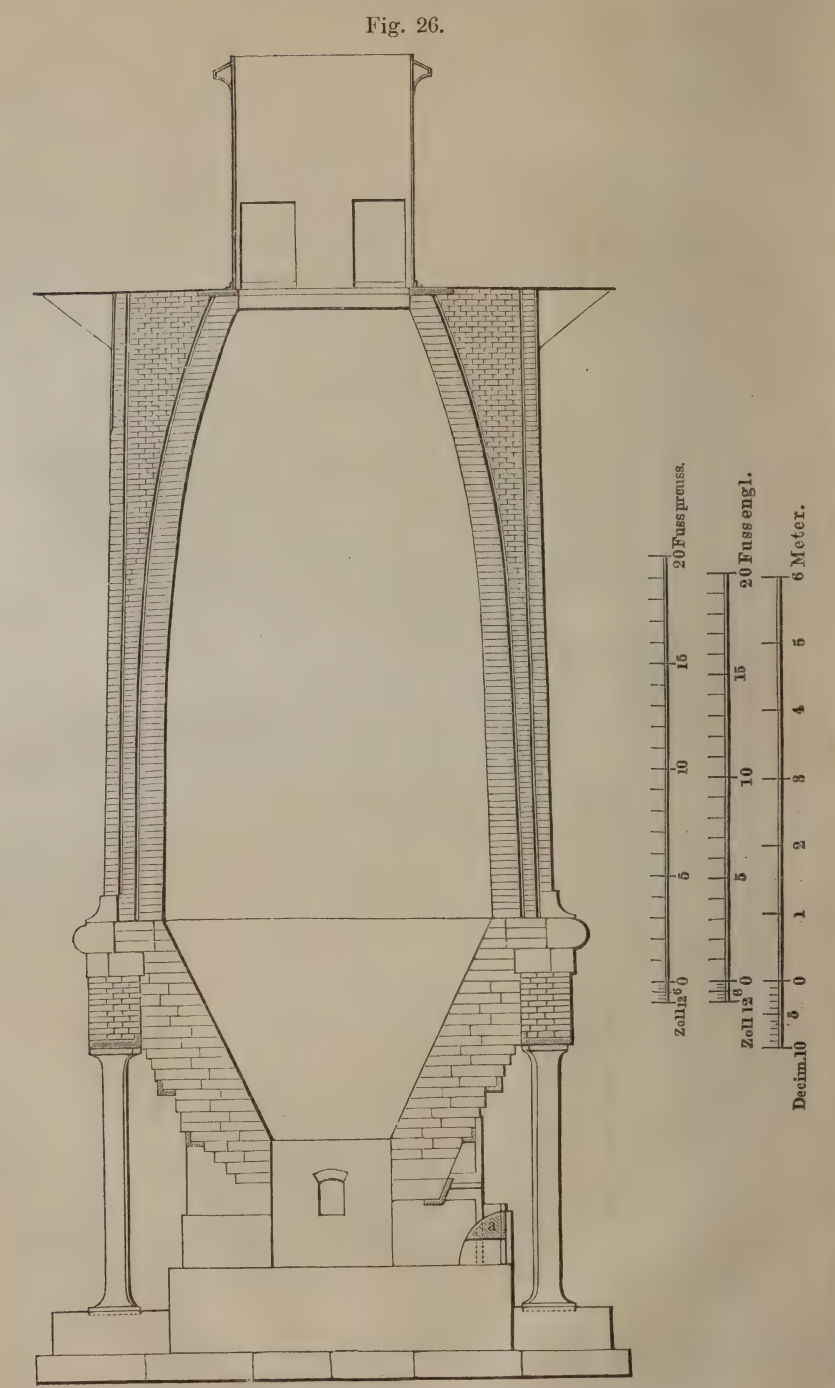
*) Findet Anwendung als Stütze für die Brechstange beim Abhub der Schlack
1 engl. Tonne (ton) = 20,32 Zollcentner = 1016 Kilogramm. 1 Pfund Sterling = 20 Schilli

n Monmouthshire (Fig. 23 bis 25).

Ctr.	Pfd.	Ctr.	Pfd.	Thlr.	Sgr.	Pf.	Kilogrm.	Kilogrm.	Frcs.	Centim.
117	86						5,893			
121	92						6,096			
251	97						12,598			
		491	75					24,587		
		77	72					3,886		
13	72						686			
24	38						1,219			
		38	10					1,905		
10	16						508			
13	72						686			
2	03						101			
		25	91					1,295		
46	74						2,337			
16	51						825			
		63	25					3,162		
		35	56					1,778		
45	72						2,286			
15	24						762			
		60	96					3,048		
9	14						457			
14	23						711			
17	27						864			
		40	64					2,032		
24	38						1,219			
—	43						21			
2	21						111			
		27	2					1,351		
		15	55					778		
		54	85					2,743		
		65	2					3,251		
		996	33	2615	—	—		49,816	9,806	25
314	96						15,748			
7	11						355			
12	19						609			
25	40						1,270			
68	7						3,404			
3	81						191			
		431	54	1628	5	10		21,577	6,105	73
				490	25	—			1,840	62
				66	20	—			250	—
				20	—	—			75	—
				80	—	—			300	—
				613	10	—			2,300	—
				1309	10	—			4,910	—
				163	10	—			612	50
				6986	20	10			26,200	10

indessen durch Einführung von Schlackenwagen überflüssig geworden.
6 Thlr. 20 Sgr. = 25 Francs. 1 Schilling = 12 Pence = 10 Sgr. 1 Franc = 8 Sgr.

Fig. 26.

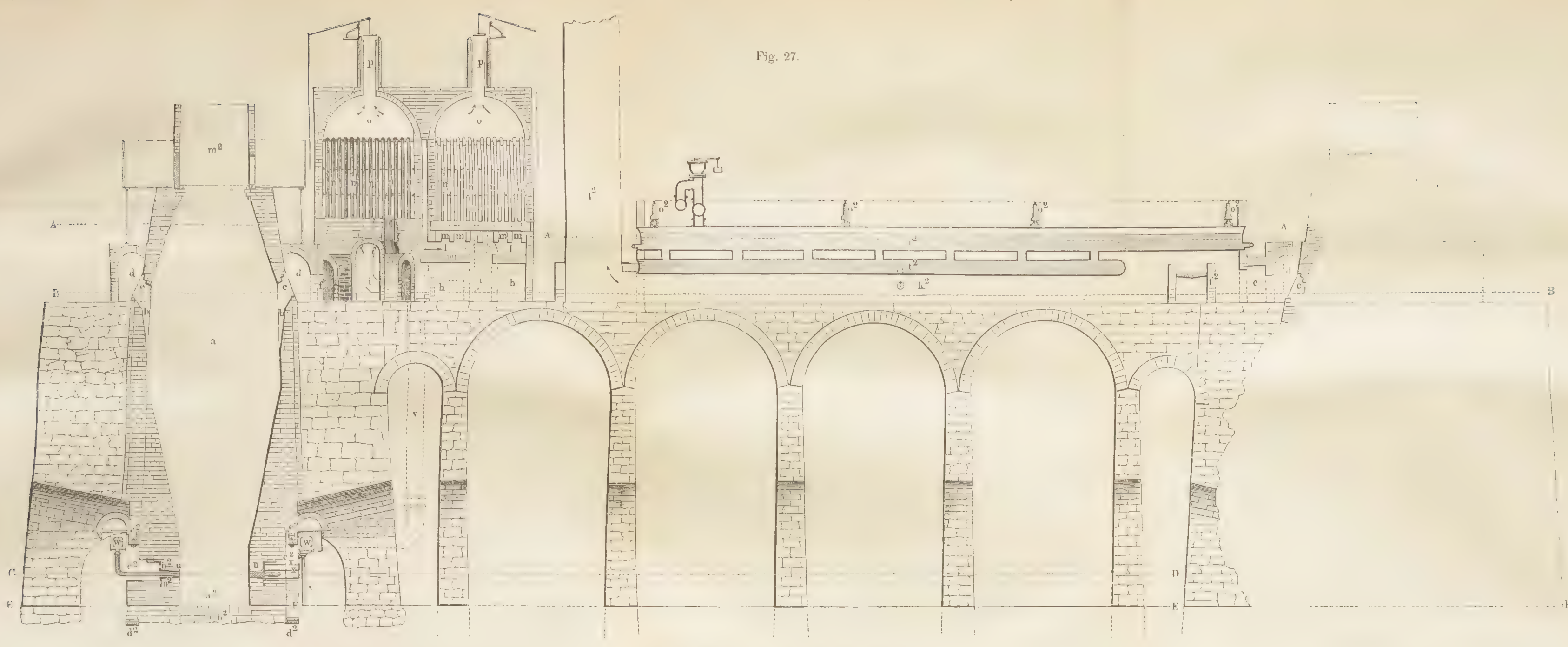


Hochofen zu Clarence-Eisenhütte. Schnitt durch den Wallstein.



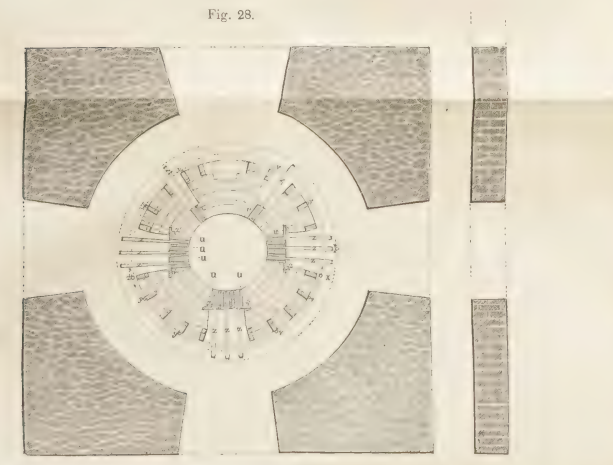
Anthracit-Oefen der Thomas-Eisenhütte am Lehigh-Strome in Pennsylvanien.

Fig. 27.



Verticaler Querschnitt der Oefen und ihres Zubehörs.

Fig. 28.



Horizontalschnitt nach der Linie CD Fig. 27.

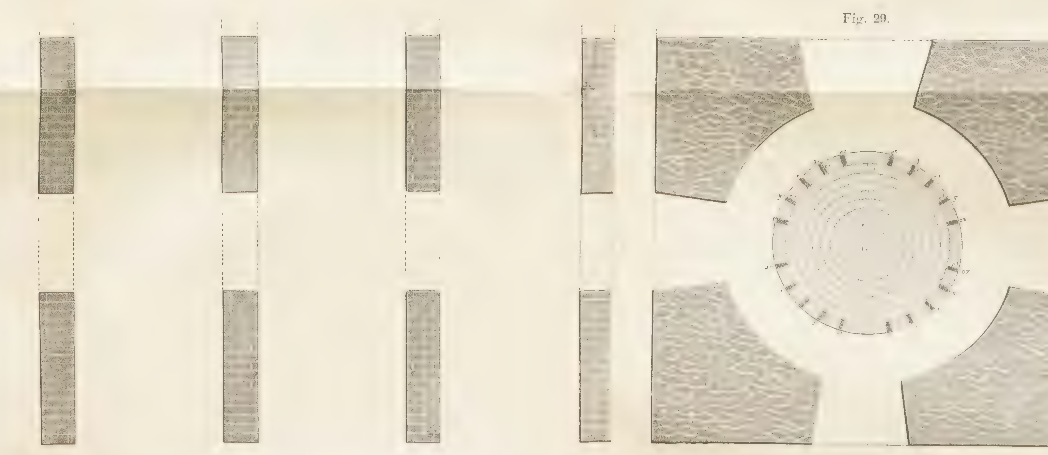


Fig. 29.

Horizontalschnitt nach der Linie EF Fig. 27.

Decim. 10 5 0 5 10 15 Meter.

Zoll 12 0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 Fuss engl.

Zoll 12 0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 Fuss preuss.

(Zu Seite 31.)

Anthracit-Oe

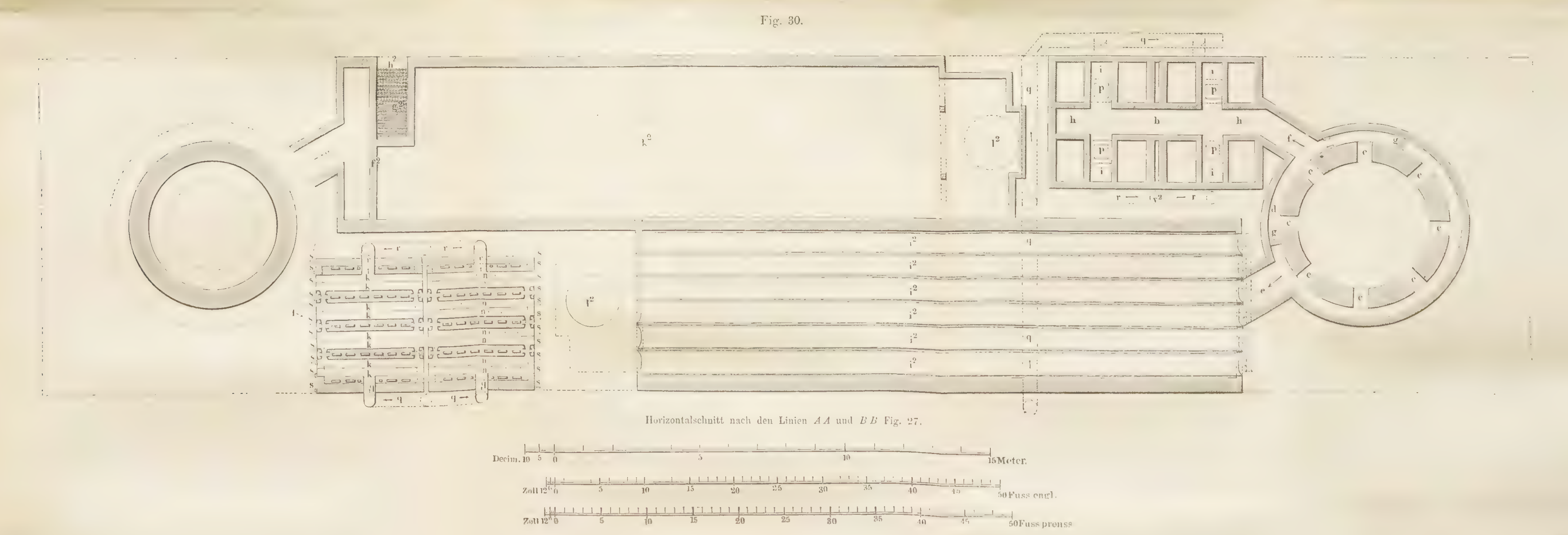


Anthracit-Oefen der Thomas-Eisenhütte am Lehigh-Strome in Pennsylvanien.

Fig. 31.

Ansicht der ganzen Anlage.

Fig. 30.



Horizontalschnitt nach den Linien AA und BB Fig. 27.

Anthracit-Oefen.

Während in Deutschland nur einzelne Hochöfen mit rohen Kohlen, die meisten dagegen mit Koks betrieben werden, ist dies Verhältniss in England schon ganz anders. Ein grosser Theil der Oefen in Süd-Wales und Süd-Staffordshire wird ganz mit rohen Kohlen oder mit einem Gemenge von Kohlen und Koks betrieben, und in Schottland wendet man nur rohe Kohlen an. Kein Land ist indessen so sehr auf die Anwendung roher Steinkohlen angewiesen als Nordamerika. Aus Gründen, welche später erörtert werden, können bis jetzt nur Kohlen von bestimmter Qualität roh im Hochofen ohne Nachtheil verwendet werden. Es sind dies die mageren und halbfetten Kohlen. Stets im rohen Zustande werden die Anthracite angewendet. Nordamerika besitzt von diesen einen ungeheuren Reichthum und es erscheint daher gerechtfertigt, als Beispiel für Anthracit-Oefen einen nordamerikanischen zu wählen. Die folgenden Abbildungen (Fig. 27 bis 31) sind nach Photographien des Professors George Brush zu Yale College in Connecticut ausgeführt worden, und die nöthigen Erläuterungen stammen von Professor Lesley; sie beziehen sich auf Oefen der Thomas-Eisenhütte[1]) am Lehigh-Strom, welcher durch die wichtige Anthracitgruppe von Pennsylvanien fliesst und zahlreiche Eisenwerke an seinen Ufern aufzuweisen hat.

Die hier dargestellten Hochöfen schliessen sich in ihrer Bauart den zuerst beschriebenen Kokshochöfen an, da der Rauhschacht sowie die Pfeiler ganz aus Mauerwerk bestehen; aber das Mauerwerk ist sehr massig angelegt und die zu den Oefen gehörigen Nebenapparate, als Winderhitzungsvorrichtungen, Dampfkessel u. s. w., stehen nicht wie gewöhnlich auf dem Niveau der Hüttensohle, sondern höher, gestützt von Gewölben.

Fig. 27 ist ein verticaler Querschnitt der Oefen und ihres Zubehörs, welcher zur Linken den Schnitt eines ganzen Ofens zeigt, die Canäle zur Gasentziehung und die Winderhitzungsapparate am oberen, die Windzuleitung am unteren Theile. Zur Rechten sieht man die Gasleitung zu den Dampfkesseln und den Abzug der verbrannten Gase zur Esse.

Fig. 28 zeigt einen Horizontalschnitt nach der Linie CD der Fig. 27 mit den Formen, Düsen, Kühlvorrichtungen und dem Eisenwerk. Die punktirten Linien geben die ringsum laufenden Röhren für Wind und Wasser an.

Fig. 29 ist ein Horizontalschnitt nach der Linie EF der Fig. 27 und zeigt die Construction des Bodensteins und Gestells, welches letztere wie das sämmtliche Mauerwerk eine ungemein grosse Stärke, nämlich von sechs Reihen Ziegeln, besitzt, in deren äusseren die auf der eisernen Grundplatte stehenden, einen Theil des Kernschachtes tragenden Eisenpfosten befestigt sind.

---

[1]) Der Gründer dieses Werkes, Thomas, war früher zu Yniscedwin bei Swansea, wo man zuerst Roheisen bei Anthracit erzeugte.

Fig. 30 ist ein Horizontalschnitt nach den Linien *AA* und *BB* der Fig. 27 und zeigt:

1) Zur Rechten die Verbindung der Gichtgaskammern mit dem Ofen und die Züge von dort nach den Kesseln (unten) und den Winderhitzungsapparaten, sowie die Vertheilung der Gase in dem unteren Theile der letzteren (oben). Die Essen sind durch punktirte Linien angedeutet.

2) Im Centrum (unten) die Dampfkessel und (oben) die Mauerung derselben, sowie die Stellung der Essen und in punktirten Linien die Hülfsfeuerung.

3) Zur Linken den Querschnitt des zweiten Ofens mit der Gasleitung zu den Kesseln (oben) und den Winderhitzungsapparaten (unten). Durch punktirte Linien sind bei letzteren die Stellungen der verticalen Heizröhren in den horizontalen angegeben, sowie die des Hauptrohres und der rechteckigen Züge, welche in die gewölbten, quer gegen den Apparat laufenden Züge münden, und schliesslich die Armatur des Apparates. Man erkennt das Mauerwerk in den schraffirten Theilen unterbrochen von den Canälen, welche das Gas in das Innere des Apparates leiten, und die Zuführungsröhren der kalten sowie die Ableitungsröhren der heissen Luft.

Fig. 31 stellt schliesslich eine Ansicht der ganzen Anlage dar, wobei bemerkt sei, dass der die Gewölbe zum Theil verbergende Windregulator 228 Fuss lang und $6\frac{1}{2}$ Fuss im Durchmesser ist.

Gleiche Buchstaben bezeichnen in allen Figuren dieselben Theile. Pfeile deuten die Richtungen von Wasser, Wind und Gas an.

- *a* Der Kohlensack des Ofens, 18 Fuss Durchmesser.
- a^2 Das Gestell.
- *b* Wege für die Gase (*gas-passages*), im Kernschacht vertieft und in
- *c* die überwölbten Gasöffnungen mündend.
- *d* Gaskammer (*gas-chamber*).
- *f* Gasleitungen von der Gaskammer zum Winderhitzungsapparat.
- *e* Desgl. zu den Kesselfeuerungen.
- *g* Theilungswände in der Gaskammer, welche je drei Gasöffnungen mit den Winderhitzungsapparaten, fünf mit den Kesseln verbinden.
- *h* Gewölbte Längscanäle unter den horizontalen Winderhitzungsröhren (*bed-pipes*).
- *i* Gewölbte Quercanäle unter denselben.
- *k* Horizontale Röhren.
- *l* Rechteckige Canäle, parallel zu den horizontalen Röhren, Verbindungen der gewölbten Canäle mit den Oeffnungen *m*.
- *m* Oeffnungen, welche die unteren Canäle mit dem Innern des Apparates verbinden.
- *n* Verticale Winderhitzungsröhren (*syphon-pipes*).
- *o* Gewölbe des Apparates.
- *p* Essen desselben.
- *q* Zuleitung des kalten Windes.
- *r* Ableitung des warmen Windes.

s Armatur des Apparates (*buck-staffs*).
t Ausblaserohr (*blow-off pipe*).
u Formen, deren der Ofen 11 hat.
v Hauptwindrohr.
w Vertheilungsrohr.
x Wasserzuleitungsröhren.
y Wasserableitungsröhren.
z Düsen.
b^2 Bodenstein.
c^2 Eisenstützen an der Umfassung des Gestells.
d^2 Gusseiserner Grundring.
e^2 Gusseiserner Deckring, welcher auf den Stützen c^2 liegt und auf welchem ein Theil des Kernschachtes ruht.
f^2 Querwand unter dem Kessel zur Trennung der directen und der Gasfeuerung.
g^2 Feuerung zur Kesselheizung, falls die Gasfeuerung nicht ausreicht.
h^2 Roststäbe (*grate-bars*).
i^2 Kessel, deren sechs mit je vier Vorwärmern zu jedem Hohofen gehören.
k^2 Kesselgasheizung.
l^2 Essen.
m^2 Gichtmantel.
n^2 Wasserkühlung für die Formen.
o^2 Eiserne Träger für die Dampfkessel.

Holzkohlenhochöfen.

Die Hochöfen, welche mit Holzkohlen betrieben werden und welche am Anfange dieses Jahrhunderts noch in weit überwiegender Mehrzahl vorhanden waren, verschwinden in Folge des immer allgemeiner eintretenden Holzmangels mehr und mehr und erliegen entweder ganz der Concurrenz der Steinkohlen- und Kokswerke benachbarter Gegenden oder werden in völlig neue auf jene Brennmaterialien gegründete Oefen umgewandelt.

Neue Eisenbahnanlagen verwandeln oft in kurzer Zeit ganze Districte in dieser Art, wofür das Siegerland als ein Beispiel aus neuester Zeit angeführt werden mag.

Am ausgedehntesten hat sich der Holzkohlenofenbetrieb in Schweden erhalten, wo er, von jeher mit grosser Sorgfalt und unter Anwendung aller Lehren der sich entwickelnden Wissenschaft vervollkommnet, auch jetzt auf hoher Stufe steht und gegen die Concurrenz des Auslandes Stand gehalten hat.

Es soll daher ein Holzkohlenhochofen aus diesem Lande hier als Beispiel gewählt werden.

Der Ofen ist im Jahre 1857 zu Sten bei Finspong nach den Zeich-

nungen von Andreas Grill durch Karl Ekman errichtet, und es sind nach dem Muster desselben später noch viele andere Oefen in Schweden gebaut worden.

Die Figuren 32 und 33 geben den Hochofen mit seinem Zubehör in Verticalschnitt und Grundriss. Auch dieser Ofen gehört zu der Art, welche gemauerte Pfeiler und einen gemauerten Rauhschacht besitzt, und hat wie die zuletzt beschriebenen Anthracitöfen im unteren Theile ein Gemäuer von sehr grosser Stärke.

In den Figuren ist *A* der Erzröstofen, welcher von Gichtgasen geheizt wird, *B* das Erzmagazin mit Abtheilungen für die fünf Sorten der hier verhütteten Erze, *C* das Erzwalzwerk (eine Vorrichtung, welche neuerdings in Schweden meist durch Quetschwerke vertreten wird) und *D* der Hochofen.

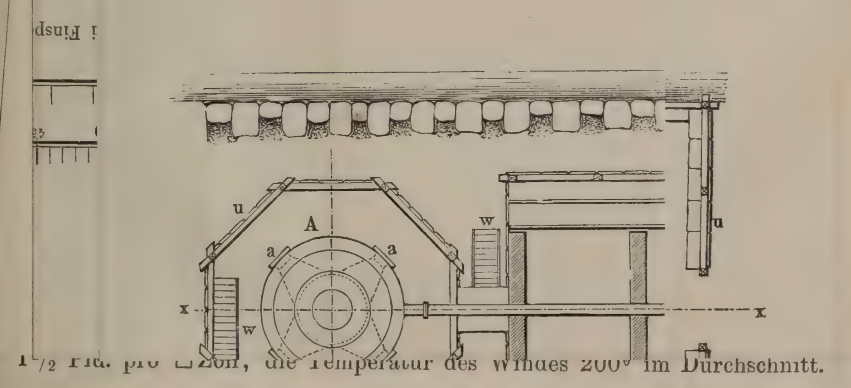
Der Erzröstofen (*Mine-kiln*) *A* wird einer späteren genauen Beschreibung unterliegen; hier sei nur bemerkt, dass *a*, *a* die Ausziehöffnungen für das geröstete Erz sind, und dass das Gas, welches zur Erhitzung dient, durch das gusseiserne Rohr *e* in die rund um den Ofen gehenden Züge *b*, *b* geleitet wird, von wo es durch zwölf rechteckige Oeffnungen *c*, *c* in den Ofen gelangt.

Das Erzhaus (*Ore-house*) *B* zeigt sich in Fig. 33 in ganzer Länge, während es in Fig. 32 abgebrochen ist. Es besteht aus fünf rechteckigen Abtheilungen aus Ziegeln oder Bruchsteinen, welche nach einer Seite ganz offen sind und in Verbindung mit einer Eisenbahn (*f*) stehen.

Das Erzwalzwerk (*Crushing-mill*) *C*. Das geröstete Erz wird hier zwischen gereiften Walzen *i i* zu Stücken von $^1/_2$ bis 1 Cubikzoll zerkleinert. Die Bewegung wird durch ein oberschlägiges Wasserrad *g* mitgetheilt, dessen verlängerte hölzerne Welle die Axe der einen Walze bildet, während die andere Walze durch Reibung des Erzes mitläuft. Die Wasserarche ist in *h* zu sehen. Das zerkleinerte Erz geht auf einer aus zwei parallelen hölzernen Balken bestehenden geneigten Ebene in 2 bis 3 Cubikfuss haltenden hölzernen Kästen zur Gicht, bewegt durch die Seiltrommel *k*.

Der Hochofen *D*. Der Hochofen hat einen inneren Kernschacht von feuerfesten Ziegeln und einen Füllschacht aus gewöhnlichen Ziegeln, sodann einen Rauhschacht, welcher im unteren Theile aus Bruchsteinen, im oberen aus gewöhnlichen Ziegeln besteht. Zwischen dem Kern- und Rauhschacht befindet sich eine Sandfüllung, und eine zweite stärkere im unteren Theile des Rauhschachtes. Die hellere Schraffirung in der Figur deutet die feuerfesten, die dunklere die nicht feuerfesten Ziegeln an, die Füllung ist punktirt. Das Gestell ist aus Masse (welche wie die Füllung punktirt ist) gebildet. Dieselbe besteht aus 6 Maasstheilen Quarz und 1 Maasstheil rohem feuerfesten Thon, mit etwas Wasser angemacht. Das Gestell wird, wie bereits früher angedeutet wurde, durch Stampfen um ein Holzmodell aufgeführt und später sorgfältig durch Holzfeuer abgetrocknet. Der Bodenstein ist gleichfalls aus Masse gestampft und ruht

(Zu Seite 34.)



$1\frac{1}{2}$ Pfd. pro □Zoll, die Temperatur des Windes 200° im Durchschnitt.

Fig. 32. Längsschnitt nach der Linie x … x der Fig. 33.

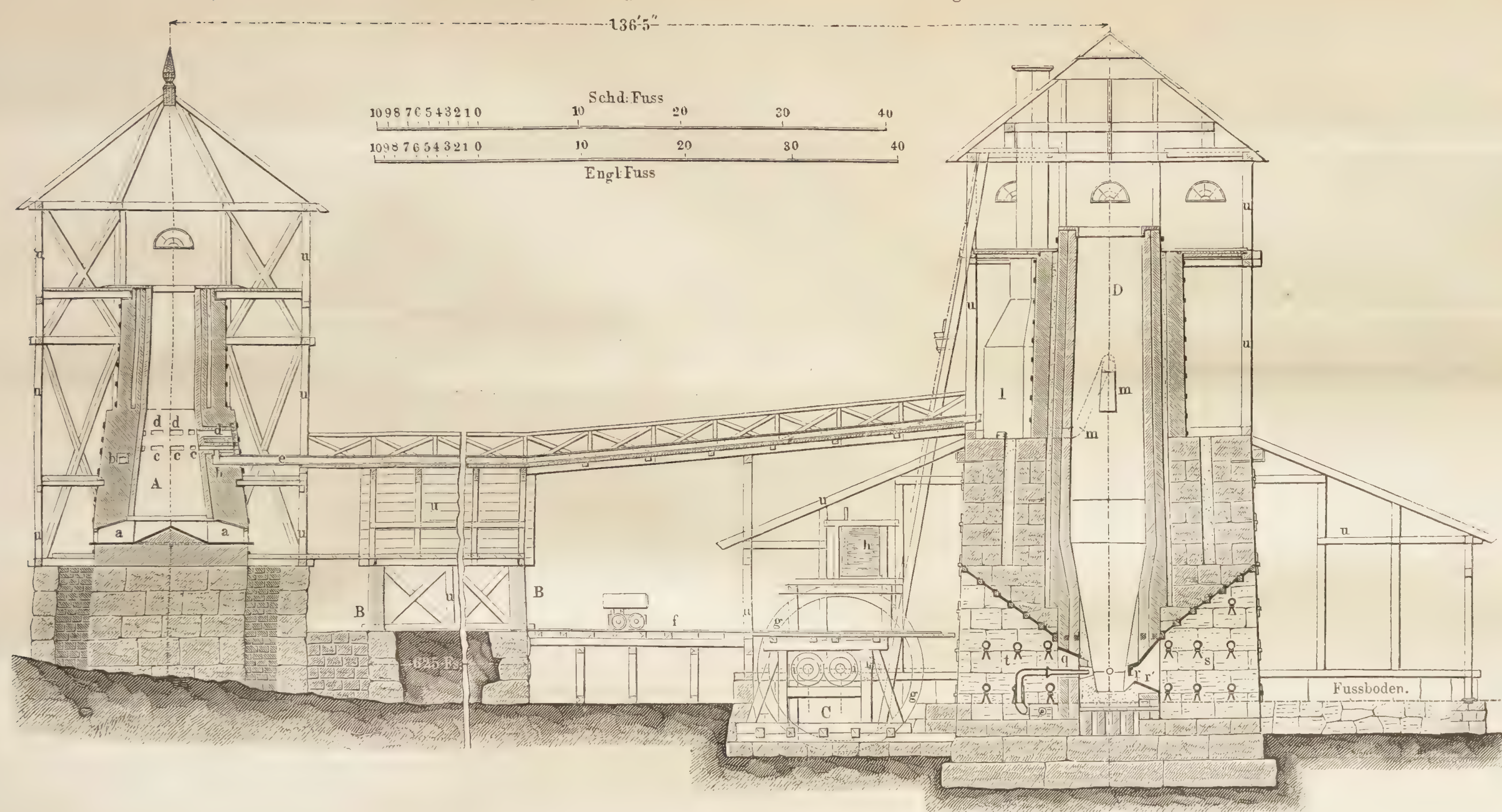
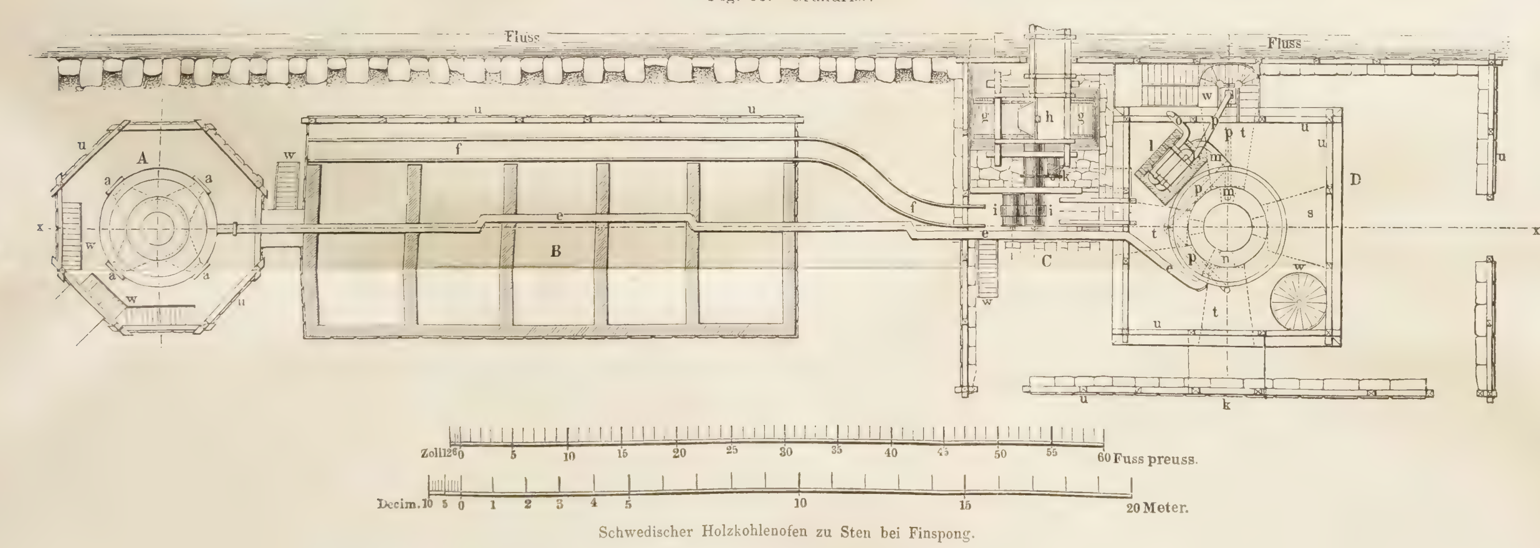


Fig. 33. Grundriss.



Schwedischer Holzkohlenofen zu Sten bei Finspong.

auf einer 1½zölligen gusseisernen Platte, welche von vier in Zwischenräumen aufgeführten Mauern getragen wird. Die so gebildeten Canäle dienen zum Trockenhalten. Sie werden meistens in etwas anderer Weise, nämlich in Form eines griechischen Kreuzes, dessen Endpunkte mit den vier Ecken des Mauerwerkes zusammenfallen, angelegt und heissen deshalb auch gewöhnlich Andreaskreuz.

Der Wind wird durch drei wassergekühlte Formen zugeführt. Die Düsen (*blast-pipes*) *q* sind aus abgedrehtem Gusseisen. Die Formen haben circa 2½ Zoll Durchmesser, die Düsen ⅜ Zoll weniger am Auge (Auge, *eye* nennt man die Oeffnung, Maul, *nozzle*, das schwächere, dem Innern zuliegende Ende der konischen Windzuführungsröhren). Das Tümpeleisen *r* besteht aus einem rechteckigen Stück Gusseisen von etwa 1½ Zoll Stärke, welches nur durch die Berührung mit der äusseren Luft gekühlt wird. Der Wallstein *r'* ist nach aussen geneigt und mit einer eisernen Platte bedeckt. Das Stichloch besteht aus einem verticalen Schlitz von etwa 3 Zoll Weite, welcher die ganze Höhe des Wallsteins einnimmt. Es ist mit Gestübbe geschlossen.

Das Rauhgemäuer, welches, soweit es aus Bruchsteinen aufgeführt ist, einen quadratischen Querschnitt hat, wird von vier Gewölben (*t* und *s*) unterbrochen, deren drei *t* den Zugang zu den Formen vermitteln, während *s* an der Arbeitsseite liegt. Der Winderhitzungsapparat *l* wird von vier horizontalen Reihen gusseiserner Röhren gebildet und durch die Gase des Ofens geheizt; indessen sind die Windrohre so angeordnet, dass der Wind auch kalt in den Ofen gelangen kann.

Zur Gichtgasentziehung dient die Oeffnung *m* und ausserdem eine dieser gegenüberliegende *n*, welche einen anderen Theil der Gase durch das gusseiserne Rohr *e* zu dem Röstofen entsendet. Die Gicht des Ofens ist ganz offen. Die Gasleitungen haben an allen Biegungen Oeffnungen zur Reinigung von angesammeltem Staube. Das Windrohr *o* führt den Wind aus der Gebläsemaschine in den Erwärmungsapparat *l*, und das Rohr *p* den erhitzten Wind weiter zum Ofen.

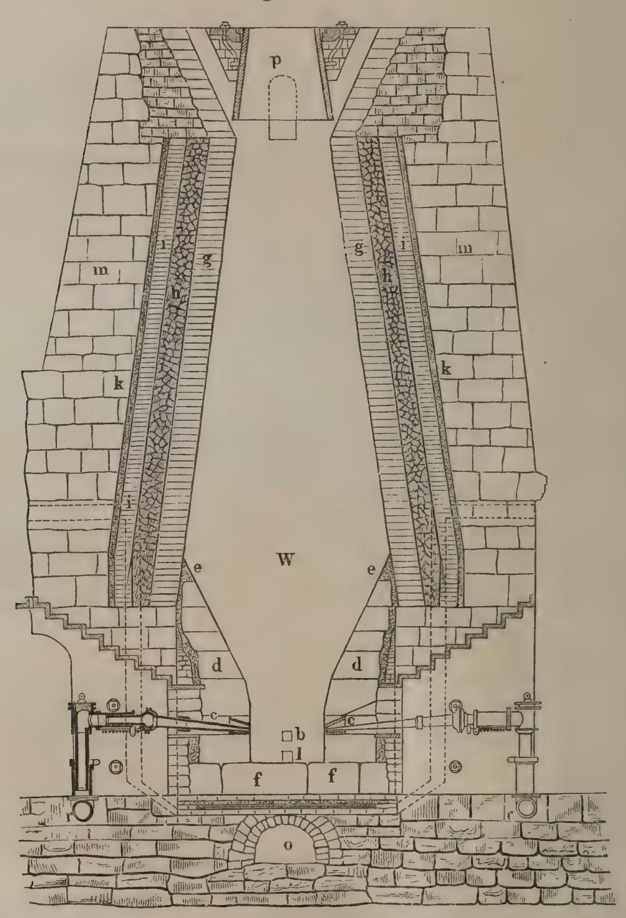
Die Gichtplattform ist aus Holz und von einem Holzgebäude *u u* umgeben, welches auf dem Bruchsteinrauhgemäuer ruht und ein bewegliches Dach besitzt. Letzteres wird entfernt, wenn der Ofen im Gange ist. Klimatische Verhältnisse bedingen diese Einrichtung, denn der Ofen liegt gewöhnlich einige Monate im Jahre kalt. Eine Wage zum genauen Abwiegen der Materialien befindet sich an der Gicht. Die Wagschale hat die Form einer Schaufel und dient, da sie an einem Rollkrahn hängt, zugleich zur Beschickung des Ofens. Das Giesshaus ist aus Holz. Treppen *w w* führen zu allen Theilen des Gebäudes.

Die Gebläsemaschine, welche durch Wasserkraft betrieben wird, besteht aus drei einfach wirkenden Gebläsecylindern von je 44 Zoll Durchmesser und ebenso viel Hub. Der Regulator besteht aus Eisenblech und ist über der Maschine angebracht. Die Windpressung beträgt ½ bis 1½ Pfd. pro □Zoll, die Temperatur des Windes 200° im Durchschnitt.

Blauöfen.

Alle bisher beschriebenen Oefen, gleichgültig ob sie mit Koks, Steinkohlen, Anthracit oder Holzkohlen betrieben wurden, sind mit offener Brust zugestellt. Wie bereits erwähnt, giebt es indessen auch Oefen mit geschlossener Brust, d. h. solche Oefen, bei welchen das Gestell ringsum geschlossen bis zum Bodenstein fortgeführt ist, welche daher

Fig. 34.



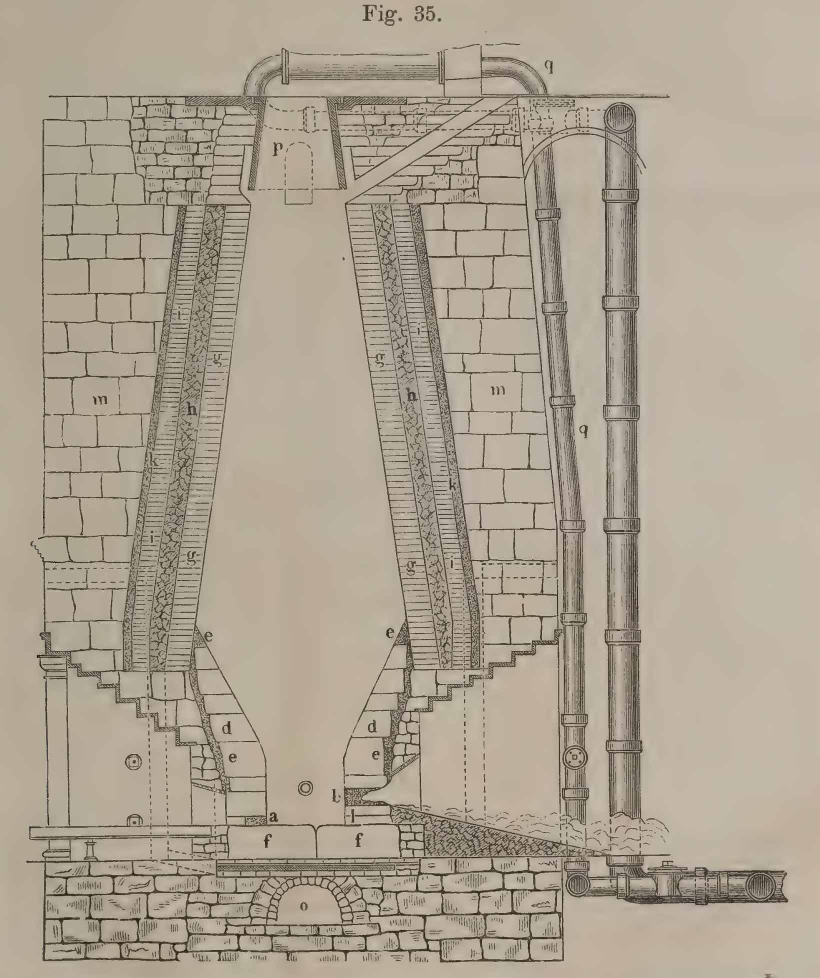
Blauofen zu Mariazell in Steiermark. Verticalschnitt durch die Formen.

keinen Vorheerd, sondern zum Abfliessen der Schlacke und zum Abstechen des Roheisens nur Oeffnungen in der Wandung des Gestells besitzen. Solche Oefen nennt man Blauöfen (eigentlich Blaseöfen, weil man beständig hineinbläst). Derartige Oefen bestehen hauptsächlich in

Steiermark und werden dort mit Holzkohlen betrieben. Der Versuch, dieselbe Construction auf Kokshochöfen zu übertragen, ist häufig gescheitert, aber namentlich in neuester Zeit zu Georg-Marien-Hütte bei Hannover und auf einigen anderen Hüttenwerken mit günstigem Erfolge gekrönt worden [1]).

Der Ofen, welcher in den Figuren 34 bis 36 dargestellt ist, befindet sich in Mariazell in Steiermark [2]). Er hat die nicht bei allen Blauöfen

Fig. 35.

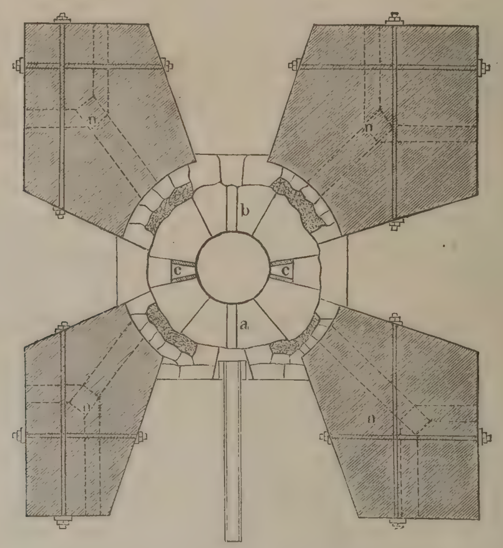


Blauofen zu Mariazell in Steiermark. Verticalschnitt durch den Eisen- und Schlackenabstich.

[1]) Ueber den Vortheil der Blauöfen gegen die Hochöfen findet man in einem der folgenden Capitel Ausführliches. — [2]) Vergl. Kerl, Hüttenk. III, 229 und Rittinger, Erfahrungen 1854, S. 44.

übliche, aber auch auf manche Hochöfen (namentlich in Schweden) übertragene Eigenthümlichkeit, dass sich Eisen- und Schlackenabstich auf


Fig. 36.



Blauofen zu Mariazell in Steiermark. Horizontalschnitt durch die Formen.

entgegengesetzten Seiten befinden, eine Einrichtung, welche ungemein zur Reinlichkeit der Giesshütte beiträgt, die Brust (über *a*) vor unnöthiger Abnutzung schützt und ein gleichmässiges Ausfressen des Gestelles bedingt, bei Oefen mit drei Formen aber schwierig anzubringen ist.

Fig. 34 ist ein Verticalschnitt durch die beiden Formen, Fig. 35 ein Verticalschnitt durch den Eisen- und Schlackenabstich, Fig. 36 ein Horizontalschnitt durch die Formen.

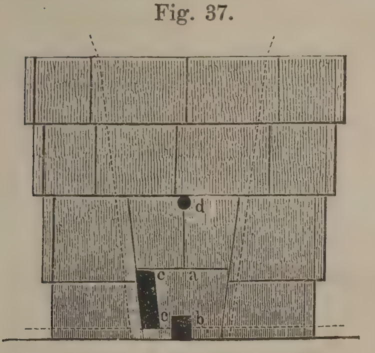
Die Buchstaben in den Figuren bedeuten:

a Eisenabstich.
b Schlackenabstich.
c Formen.
d Gestellsteine.
e Feuerfeste Masse aus 4 Thln. Quarz und 1 Thl. feuerfestem Thon.
f Bodensteine.
g Feuerfeste Schachtziegel (Kernschacht).
h Füllung von Ziegelbruchstücken und zerstampfter Schlacke.
i Füllschacht von gewöhnlichen Ziegelsteinen.
k Füllung von Schlackensand.
l Ein zweiter Eisenabstich, der im Nothfall zum Abstechen des Eisens nach rückwärts dienen kann, zugleich aber das Auswärmen des Bodensteins erleichtert.

m	Rauhgemäuer.	*p*	Gichtgasfang.
n	Vierpass.	*q*	Gasleitung.
o	Andreaskreuz.	*r*	Windvertheilungsrohr.

Gewöhnlich wird der Verschluss der Brust in einfacherer Weise bewirkt, indem an der Vorderseite des Ofens (der Brust) beim Einbau des Gestells eine circa 3 Fuss hohe und $^5/_4$ Fuss breite Oeffnung gelassen wird, die man durch Steine verschliesst, welche die nöthigen Löcher zum Abstich der Schlacke und des Eisens besitzen, wie dies z. B. in Fig. 37 gezeigt ist, wo *b* den Eisenabstich, *c* den schlitzförmigen Schlackenausfluss und *d* ein Schauloch bedeuten. Statt der Steine wendet man auch Masse an, wobei das Aussparen beliebiger Oeffnungen noch einfacher ist.

Fig. 37.



Blauofen-Zustellung.

Um die Oeffnung für den Schlackenabfluss bei Kokshochöfen vor dem zerstörenden Einfluss der Schlacke derselben besser zu schützen, hat der Ingenieur Lurmann zu Georgs-Marien-Hütte mit Erfolg eine Wasserkühlung dieser Oeffnung eingeführt.

Nachdem so einige charakteristische Beispiele von Hochofenconstructionen gegeben sind, werden die folgenden Capitel zuerst die chemischen Vorgänge in den Hochöfen im Einzelnen kritisch beleuchten, namentlich die Einwirkungen, welche der in den Heerd des Ofens geblasene kalte oder heisse Wind ausübt, und die Zusammensetzung der Gase, welche sich entwickeln in Folge der Veränderung, der die festen Materialien bei ihrem Herabsinken im Ofen unterliegen. An diese Stelle gehört auch die Beschreibung der Vorbereitungen, welche diese Materialien häufig vor ihrer Verarbeitung im Hochofen zu erleiden haben. Ist man vertraut mit den chemischen Principien, so wirft sich naturgemäss die Frage auf, inwiefern die Praxis genügt oder abzuändern ist, um möglichste Vollkommenheit nach Maassgabe der Theorie zu erreichen. Bei der Beantwortung dieser Frage wird sich die Aufmerksamkeit zuerst auf die innere Form der Hochöfen lenken, sodann auf die äussere Construction, soweit dieselbe sich nicht nur auf locale Verhältnisse bezieht. Es wird dann das, was in dem abgehandelten Capitel in Form einfacher Thatsachen aufgeführt wurde, kritisch beleuchtet werden können. Die Arbeiten, welche bei dem Betriebe eines Hochofens vorgenommen werden, und ihr Zusammenhang mit den theoretischen Principien werden weiteren Stoff der Betrachtung und zu-

gleich Veranlassung gewähren, auf aussergewöhnliche Erscheinungen Rücksicht zu nehmen. Schliesslich werden praktische Beispiele von den Resultaten des Hochofenbetriebes als Beläge der vorangegangenen Erörterungen dienen müssen, und die Statistik der Roheisenproduction überhaupt deren Bedeutung in den verschiedenen Ländern und Landestheilen nachzuweisen haben. Es wird indessen nicht immer zweckmässig sein, den Stoff in der angegebenen Weise scharf getrennt zu halten; im Gegentheil wird Theorie und Praxis, Ursache und Wirkung häufig neben und gegen einander gestellt werden müssen.

II. Chemische Vorgänge im Hochofen.

1. Der Wind.

a. Die Gebläsemaschinen.

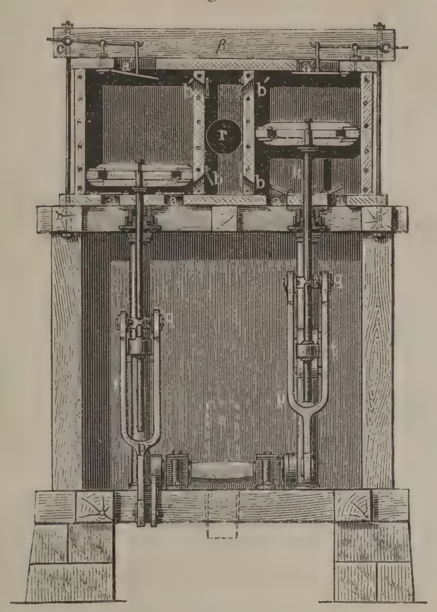
Zur Verbrennung des Kohlenstoffs im Hochofen wird der Sauerstoff der atmosphärischen Luft im gepressten Zustande, in welchem man die letztere mit dem hüttenmännischen Ausdruck „Wind“ (engl. *blast*) zu bezeichnen pflegt, benutzt. Die Pressung der Luft und die Fortbewegung des erzeugten Windes zum Hochofen geschieht durch Maschinen, welche man Gebläsemaschinen oder Gebläse (*blowing engines*) nennt.

Während für andere Zwecke des Eisenhüttenwesens mancherlei Arten von Gebläsen in Gebrauch sind, von denen in den vorhergehenden Capiteln z. B. Balgengebläse und Wassertrommelgebläse beschrieben wurden, kommen beim Hochofenbetriebe lediglich die sogenannten Kolbengebläse zur Anwendung, d. h. Gebläse, bei denen die Luft durch einen hin- und hergehenden Kolben in einen kasten- oder cylinderförmigen Raum eingesaugt und darin zusammengepresst wird.

Man unterscheidet nach der Art des Behälters, in dem sich der Kolben bewegt, Kastengebläse und Cylindergebläse. Die Kästen, welche einen quadratischen Querschnitt haben, werden meist aus Holz, die Cylinder, deren Querschnitt immer kreisförmig ist, aus Gusseisen hergestellt. Die letzteren sind zwar kostspieliger als die ersteren in der Anlage, aber weit vollkommener und namentlich in dem Falle unentbehrlich, wo es sich um grosse Mengen stark gepressten Windes handelt. Die Anlage der Kastengebläse lässt sich nur da rechtfertigen, wo eiserne Maschinentheile nicht bearbeitet oder bearbeitete nicht bezogen werden können, also in uncivilisirten, von allen Verbindungen abgeschnittenen Gegenden. Unter solchen Umständen kann eine kurze Beschreibung von Kastengebläsen genügen, während die fast allgemein angewendeten Cylindergebläse einer näheren Betrachtung unterzogen werden sollen.

Man unterscheidet bei beiden Arten Kolbengebläsen doppelte und einfache, je nachdem der Kolben beim Hin- und Hergange oder nur in einer Richtung die Luft comprimirt. Die Kastengebläse sind meist einfach-, die Cylindergebläse meist doppeltwirkend, obwohl auch doppeltwirkende Kastengebläse, wie ein solches in Fig. 38 [1]) dargestellt ist, vor-

Fig. 38.



Doppeltwirkendes Kastengebläse.

kommen und einfachwirkende Cylindergebläse in einigen Gegenden, z. B. in Schweden, sehr häufig sind.

Kastengebläse.

Man unterscheidet an dem Kastengebläse vier wesentliche Theile: 1) die Kästen mit dem Windsammelkasten und Regulator, 2) die Kolben mit ihrer Liderung, 3) den Bewegungsmechanismus und 4) die Windleitung.

Als speciell einem Kastengebläse eigenthümlich sind indessen nur der Kasten und Kolben sammt Liderung zu betrachten. Die Figuren 39 bis 41 [2]) (auf S. 42 und 43) stellen einfachwirkende Kastengebläse dar.

---

[1]) Vergl. Tunner, Stabeisen und Stahlbereitung, 1858. Bd. I. Taf. III, Fig. 15.

[2]) Tunner, Stabeisen- und Stahlbereitung, Bd. I, S. 201 u. f. und Taf. III, Fig. 12 u. 13 und Weisbach, Ingenieur- und Maschinen-Mechanik, III, S. 1003.

Fig. 39.

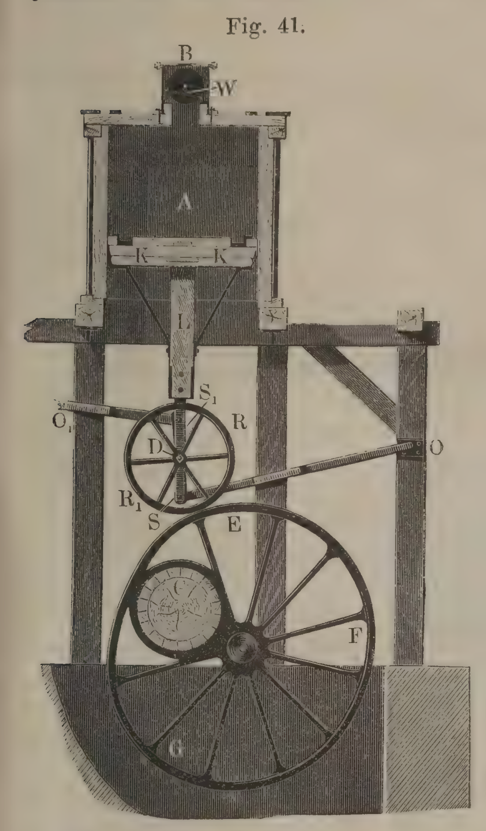
Einfachwirkendes Kastengebläse mit Balancier.

Fig. 40.

Einfachwirkendes Kastengebläse mit Balancier.

Die Kästen (Z in Fig. 40 und A in Fig. 41) sind 3 bis 6 Fuss im Quadrat weit und ebenso hoch. Sie bestehen aus gut aneinander geleimten, astfreien, 2- bis 3zölligen Bohlen (V), welche an den Ecken meist zusammengeschraubt und mit Eisenblechstreifen übernagelt sind. Der Kasten ist nach oben durch einen mit Ventil versehenen Deckel geschlossen, nach unten dagegen offen, der Kolben comprimirt daher die Luft beim Aufgange. Selten findet das umgekehrte Verhältniss statt, d. h. eine Wirksamkeit des Kolbens beim Herabgange. Man nennt die letztere Art stehende, die erstere hängende Kastengebläse. Nur bei doppeltwirkenden Kastengebläsen (Fig. 38) findet beim Herabgange des Kolbens unter demselben, beim Hinaufgange über demselben eine Compression der Luft statt. Bei den hängenden Gebläsen befindet sich über dem Kasten der Windsammler (S in Fig. 40 und B in Fig. 41) und zuweilen der Regulator (R, Fig. 40 [1]). Die Ventilöffnungen erhalten gewöhnlich jede 15 bis 20 Zoll Länge und Breite und einen Gesammtquerschnitt von $^1/_{15}$ bis $^1/_{12}$ des Kastenquerschnittes. Das Innere des Kastens muss, um die Reibung des Kolbens zu vermindern, möglichst glatt sein. Zu diesem Zwecke bekleidet man es häufig mit einem gut gehobelten, dichten Holze (Espe, Linde, Erle, Apfel), wobei die Holzfaser senkrecht stehen muss, oder man bestreicht es mit einer Masse aus Graphit und Leim [2]). 10 bis 15 Pfund fein geschlämmten Graphit trägt man unter beständigem Umrühren nach und nach in etwa 2 Maass Wasser und setzt dazu ebenfalls unter Umrühren 3 bis 4 Pfund Tischlerleim, welchen man vorher in einer Leimpfanne mit ganz wenig Wasser aufgekocht hat. Das Anstreichen geschieht 4- bis

Fig. 41.



Einfachwirkendes Kastengebläse mit Wellfussbewegung.

---

[1]) Vergl. weiter unten. — [2]) Tunner, Stabeisen- und Stahlbereitung, Bd. I, S. 203.

5mal nach jedesmaligem Eintrocknen in 6 bis 12 Stunden. Tunner schleift die aufgetragene Masse mit Bimsstein und wiederholt die Operationen etwa 3mal, um eine vollständig dichte und glatte Oberfläche zu erhalten.

Der Kolben (*K*) wird aus kreuzweis verbundenen Bohlen hergestellt und ist einige Linien kleiner als der lichte Querschnitt des Kastens. Gewöhnlich erhält er als Kolbenstange ein quadratisches, mit vier Eckspreizen versehenes starkes Holz (*L*, Fig. 41), seltener (wie in Fig. 40) ist er mit zwei breiten Füssen unterfangen, die unten durch ein starkes Querstück (*q*) verbunden sind. Der Kolben enthält ein oder mehrere Saugventile (*m*, Fig. 40), welche zusammen einen ebenso grossen Querschnitt als das Blaseventil haben und beim Rückgange des Kolbens die Luft in das Innere des Kastens einströmen lassen. Die Liderung, d. h. die Vorrichtung, welche einen möglichst dichten Anschluss des Kolbenumfangs an die Wände des Kastens bewirkt, ohne die Beweglichkeit des Kolbens zu verhindern, besteht entweder aus Holzleisten, welche in den Kolben eingelassen sind und durch Federn beständig gegen die Wände des Kastens gepresst werden (in Fig. 42 werden die in einem ringförmigen nach innen durch den Rahmen *NN* begrenzten Raume liegenden Holzleisten *MM* durch die Federn *ff* nach aussen gedrückt, durch die Haken *h* aber locker gehalten), oder aus Lederstulpen, welche durch eingelegte Rosshaarwülste *b*, Fig. 43 (Wurstliderung), oder auch durch die comprimirte Luft allein (selbstthätige Stulpliderung) angedrückt werden.

Fig. 42.

I

II

Kolben und Liderung.

Fig. 43.



Wurstliderung.

Die Bewegung des Kolbens wird gewöhnlich durch excentrische Scheiben (Wellfüsse, Epicycloiden), auf deren Rand das mit einer Rolle versehene Ende der Kolbenstange gleitet (in Fig. 41 ist RR_1 die Frictionsrolle, *EFG* der auf der Welle *C* sitzende Wellfuss) oder durch Verzahnungen (Fig. 39

und 40, seltener durch Kurbeln (Fig. 38) hergestellt. Die erste Art giebt starke Reibung, gestattet aber je nach der Form der Wellfüsse die Mittheilung einer beliebigen Geschwindigkeit in den verschiedenen Momenten des Kolbenhubes, während die zweite in Fig. 39 und 40 dargestellte Art immer nur eine gleichmässige Bewegung gestattet und besondere Vorrichtung erfordert, um beim Eingreifen und Loslassen Stösse zu vermeiden; die dritte Art endlich giebt zwar die gewünschte ungleichmässige Bewegung, nämlich ein langsames Beginnen und Aufhören des Hubes, ist aber gewöhnlich für Kastengebläse zu kostspielig. Alle diese Bewegungsarten können direct auf die Kolbenstange wirken oder indirect mittelst eines Balanciers auf sie übertragen werden (wie z. B. in Fig. 39). Der Motor ist wohl ausnahmslos ein Wasserrad, da man für Dampf stets eiserne Cylindergebläse wählen wird. Man giebt dem Kolben eine Geschwindigkeit von $^1/_2$ bis $1^1/_2$, höchstens aber von 3 Fuss per Minute.

Der Wirkungsgrad des Kastengebläses sammt zugehöriger Windleitung kann zu 0,5, d. h. zur Hälfte der theoretisch aus Kastenquerschnitt, Hubhöhe und Geschwindigkeit des Kolbens berechneten Leistung, angenommen werden [1]).

Cylindergebläse.

Während die Kastengebläse fast stets einfachwirkend sind, gilt als Regel für die Cylindergebläse, dass sie doppelt wirken.

Bei jedem Cylindergebläse kommen dieselben Haupttheile in Betracht wie beim Kastengebläse, nämlich der Cylinder mit seinen Ventilen und der Kolben mit seiner Liderung.

Der Cylinder hat stets einen kreisförmigen Querschnitt, weil ein solcher den kleinsten Umfang, also die geringste Reibung im Verhältniss zum Flächeninhalt zeigt. Der Durchmesser des Cylinders pflegt gewöhnlich zwischen 4 und 7 Fuss zu schwanken, sinkt aber bis auf 3 und steigt bis zu 12 Fuss; die Hubhöhe des Kolbens ist meist gleich dem Durchmesser, nur bei Schiebergebläsen grösser. Der Cylinder ist innen abgedreht und mit Boden und Deckel versehen, welche luftdicht aufgeschraubt und mit Stopfbüchsen für den Durchlass der Kolbenstangen versehen sind. Die Stärke der aus möglichst dicht gegossenem Eisen bestehenden Cylinderwandung wird zu $^3/_4$ bis $1^1/_2$ Zoll genommen.

Die Ventile, welche theils nach dem Inneren des Cylinders sich öffnende Einsaugventile, theils nach der zum Regulator führenden Windleitung sich öffnende Ausblaseventile sind, werden entweder direct am Boden und Deckel des Cylinders, oder in angesetzten Hälsen angebracht. Ersteres ist das Gebräuchliche bei liegenden, letzteres bei stehenden Cylindern. Gewöhnlich wendet man Klappenventile an, d. h. Platten, die sich um ein Charnier drehen, seltener Tellerventile, d. h. Platten, die sich in paralleler Lage von ihrem Sitze entfernen. Sollen die Ventile sich durch

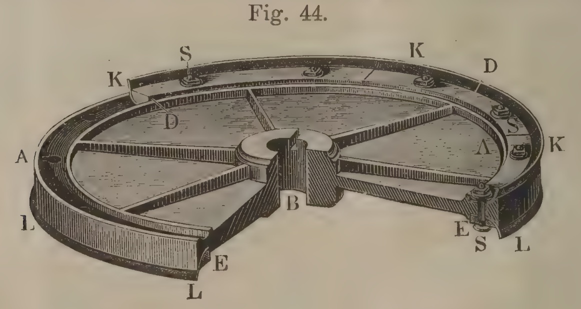
[1]) Hauer, Hüttenwesen-Maschinen, S. 47.

ihr eigenes Gewicht schliessen, so dürfen die Platten, aus denen sie bestehen, keine verticale Lage erhalten, anderenfalls versieht man sie mit Gegengewichten, seltener mit Federn. Um die Gebläse schnell arbeiten zu lassen, müssen die Ventile möglichst grosse Querschnitte erhalten. Um indessen bei grossen Gebläsen nicht zu grosse und daher schwere Ventile nöthig zu haben, ordnet man gewöhnlich viele kleine Oeffnungen an, welche einzeln durch kleine oder im Ganzen durch grössere Ventile bedeckt werden [1]). Man fertigt sie aus einer zwischen zwei Blechscheiben eingelegten Leder- oder Kautschukscheibe. Das Leder oder der Kautschuk bewirkt den dichten Schluss.

Um bei schnellerem Wechsel der Maschine sich von dem unvermeidlichen Pendelspiel der Ventile [2]) und dem hieraus erwachsenden Windverluste unabhängig zu machen, hat man die Klappen durch metallene Schieber ersetzt, welchen von der Umtriebsmaschine selbst eine hin- und hergehende oder rotirende Bewegung ertheilt wird. Diese Ventile sollen zuerst in England von Archibald Slate in ringförmiger Gestalt angegeben sein und sind dann in abweichender Weise als eigentliche Vertheilungs- oder Muschelschieber, sowie auch in Form von Kolben von Thomas, Laurent, Cavé, Schmidt und Anderen construirt worden [3]). Man nennt die Gebläse mit solchen Ventilen Schiebergebläse (*blowing engines with slide-valves* oder *with metallic slides*). Diese Gebläse, welche ausser der Möglichkeit eines schnelleren Ganges noch den Vortheil eines schärferen Abschlusses der Luftcanäle und daher kleineren Windverlustes haben, sind doch nicht allgemein gebräuchlich geworden, sondern haben sich auf vereinzelte Ausführungen beschränkt, einmal weil bei den heftigen Schlägen, welche die Maschine bei geringen Fehlern in der Construction erleidet, die einzelnen Theile sich so schnell abnutzen, dass dadurch alle angegebenen Vortheile wieder aufgewogen werden und ferner weil die Ausführung derselben eine schwierige ist.

Der Gebläsekolben ist stets eine Scheibe von Metall und besteht gewöhnlich aus einem durch Rippen verstärkten massiven, $^1/_2$ bis 1 Zoll starken Stücke (Fig. 44), oder er ist hohl und dann häufig aus zwei linsen-

Fig. 44.

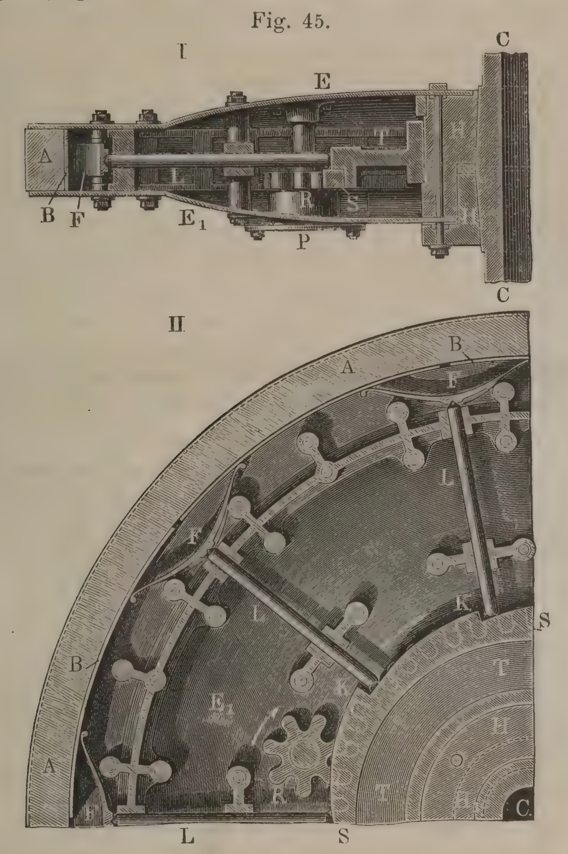


Gusseiserner Kolben eines Cylindergebläses.

[1]) Weisbach, III, 1013. — [2]) Loc. cit. u. Hauer, S. 62. — [3]) Hauer, S. 68 u. f.

förmigen Blechscheiben construirt, welche zwischen sich ein gusseisernes Kreuz tragen (Fig. 45). Zur Vermeidung des schädlichen Raumes schliesst

Fig. 45.



Kolben eines Cylindergebläses aus Blech.

sich die Form des Cylinderbodens und Deckels möglichst der Form des Kolbens an. Die Liderung ist entweder aus aufgeschraubten Lederstulpen hergestellt (*K*, Fig. 44), oder sie besteht aus eingelegten Hanfzöpfen, Leinwand- oder Eichenholzstücken (*A*, Fig. 45), welche zum Theil durch Federn *F* angepresst werden. Die nöthige Glätte erzeugt man durch Graphit (der entweder eingerieben oder einfach eingestreut wird), oder auch durch Speckstein [1]). Auch Wülste von Wolle oder Rosshaar (*pudding*) mit Juchtenleder überzogen dienen zur Liderung, endlich auch Metallringe, die an einer Seite aufgeschnitten federartig gegen die Wandungen des Cylinders drücken und abweichend von den eben erwähnten mit Graphit geschmierten Liderungen mit Oel versehen werden müssen [2]). Häufig wird

---

[1]) S. Weisbach, III, S. 1021 u. f. — [2]) Kerl, Hüttenk. I, S. 600.

eine selbstthätige Liderung angebracht, d. h. eine solche, bei welcher die comprimirte Luft das Liderungsmaterial gegen die Cylinderwand presst, wodurch eine übertriebene Kolbenreibung vermieden wird.

Bei einfachwirkenden Cylindergebläsen, welche nur in einzelnen Gegenden, namentlich in Schweden, allgemein sind, lässt man drei Cylinder zusammenwirken. Solche Gebläse geben einen hinreichend gleichmässigen Windstrom, lassen sich leicht und an Ort und Stelle repariren und bedürfen seltener der Reparatur, aber sie nutzen die Betriebskraft weit weniger aus, als die doppeltwirkenden. Schweden mit seinen überflüssigen Wasserkräften und geringen Verbindungswegen ist daher wohl geeignet für einfachwirkende Gebläse, welche namentlich da, wo man Dampf als Betriebskraft anwenden muss, unökonomisch sein würden. Man findet dort ganz allgemein Gebläse mit drei stehenden Cylindern, deren Kolbenstangen von unten wie die der Kastengebläse bewegt werden.

Doppeltwirkende Cylindergebläse werden gewöhnlich mit Dampf, seltener mit Wasser betrieben. Die Dampfentwickelung lässt sich bei Hochofenanlagen durch die Gichtgase so vollständig bewirken, dass nur in seltenen Fällen ein Kohlenverbrauch zur Kesselheizung einzutreten braucht. Nur in Fällen, wo man werthlose Kleinkohlen in Menge zu Gebote hat (z. B. auf den Werken bei Glasgow in Schottland), beweist sich eine besondere Feuerung als ökonomischer.

Man unterscheidet Gebläse mit stehenden, solche mit liegenden und solche mit oscillirenden Cylindern, je nachdem die Axe des Cylinders vertical steht, horizontal liegt oder veränderlich ist.

Die Gebläse mit stehenden Cylindern sind die gewöhnlichsten. Werden dieselben durch Dampf betrieben, so steht der Gebläsecylinder entweder über dem Dampfcylinder und beide haben eine gemeinschaftliche Kolbenstange [1]) (direct wirkende Maschine), oder beide Cylinder stehen neben einander und ihre Kolbenstangen sind durch einen Balancier verbunden (indirect wirkende Maschine). Werden die Gebläse mit stehenden Cylindern durch Wasserkraft bewegt, so ist die Anordnung ähnlich. Die Wasserradwelle, welche mit Getriebe versehen ist, setzt eine Kurbelwelle in Bewegung. Diese Kurbelwelle ist dann durch eine Bläuelstange entweder mit dem Ende eines Balanciers, an dem andererseits die Kolbenstange des Gebläsecylinders befestigt ist, oder direct mit der Kolbenstange [2]) verbunden.

Gebläse mit liegenden Cylindern sind fast ausnahmslos direct wirkende Dampfgebläse, bei denen die beiden hinter einander liegenden Cylinder eine gemeinschaftliche Kolbenstange besitzen. Durch Wasserräder bewegte Gebläse mit liegenden Cylindern finden sich nur vereinzelt.

---

[1]) Es können auch zwei zwar in einer Linie liegende, aber getrennte Kolbenstangen vorhanden sein, welche durch eingeschaltete Leitstangen und Querhaupt verbunden sind. — [2]) Auch bei dieser Anordnung können zwei Bläuelstangen, durch ein Querhaupt verbunden, den Gebläsekolben von oben bewegen.

Ist die Kolbenstange direct mit der Kurbelwelle des Motors verbunden, so kann sich dieselbe nicht in derselben geraden Linie bewegen, es muss dann der Cylinder in schwingende Bewegung versetzt werden. Ist der Motor eine Dampfmaschine, so wendet man auch oscillirende Dampfcylinder an, so dass also die sämmtlichen Kolbenstangen direct an dieselbe Kurbelwelle greifen. Man nennt solche Gebläse auch Wackler.

Nachfolgend sollen einige der gebräuchlichsten Arten der Gebläse beschrieben und Vergleiche über die Zweckmässigkeit derselben für gegebene Verhältnisse gezogen werden. Auf Einzelnheiten der Construction wird dagegen nur in beschränktem Maasse eingegangen, da dies in das Feld des Maschineningenieurs, nicht mehr in das des Hüttenmannes fällt. Wohl aber soll hier die Berechnung des Windquantums, welches einerseits geliefert wird, andererseits erforderlich ist, angegeben werden, denn der Hüttenmann muss sich sowohl von der Leistung seiner Maschine Rechenschaft geben, als auch dem Maschinenbauer die nöthigen Angaben über Windmenge, Pressung u. s. w. machen können.

Gebläse mit stehenden Cylindern und Balancier (*beam blowing engine*).

Diese Art von Gebläsen ist am verbreitetsten; es wird daher ein Beispiel eines englischen und eines preussischen Gebläses mitgetheilt werden.

Die in Fig. 46 (S. 50), der Seitenansicht, Fig. 47 (S. 51), der Endansicht und Fig. 48 (S. 52), dem Durchschnitt durch den Gebläsecylinder, dargestellte Gebläsemaschine (*blowing engine*) befindet sich doppelt auf den Shelton Berg- und Eisenwerken bei Stoke-upon-Trent und ist von der Haigh-Foundry-Gesellschaft zu Wigan in Lancashire angefertigt worden. Beide sind für sechs Hochöfen berechnet, versorgen indessen gegenwärtig nur vier.

Der Dampfcylinder (*steam cylinder*) A hat $43^1/_2$ Zoll = 113,7 Centimeter Durchmesser und $8^3/_4$ Fuss = 274,6 Centimeter Hub und macht bei der Versorgung von vier Hochöfen sechzehn Doppelhübe pro Minute. Der Gebläsecylinder (*blowing cylinder*) B, dessen Kolbenstange am entgegengesetzten Ende des Balanciers befestigt ist, hat bei $8^3/_4$ Fuss = 274,6 Centimeter Hub 97 Zoll = 253,7 Centimeter Durchmesser.

Die Maschine arbeitet mit Condensation und mit $^1/_3$, $^1/_2$ oder $^3/_4$ Expansion. Der Balancier (*beam*) C besteht aus zwei mit einander verbolzten gusseisernen Stücken. Die Centrallinien der beiden Cylinder sind $29^1/_{12}$ Fuss = 912,7 Centimeter von einander entfernt, und die Horizontalprojection vom Centrum des Dampfcylinders bis zu dem Zapfen (*gudgeon*), welcher die Bläuelstange (*connecting rod*) D des Schwungrades trägt, beträgt $4^5/_6$ Fuss = 151,7 Centimeter. Das Schwungrad ist beiden Maschinen gemeinschaftlich und um demselben eine von der Maschine hinreichend entfernte Lage zu geben, ist das Ende des Balanciers auf $3^{11}/_{12}$ Fuss = 122,9 Cen-

timeter Höhe aufwärts gebogen. Die Bläuelstangen sind $23^1/_3$ Fuss lang, aus Eichenholz und mit Schmiedeisenbändern verstärkt. Das Schwungrad

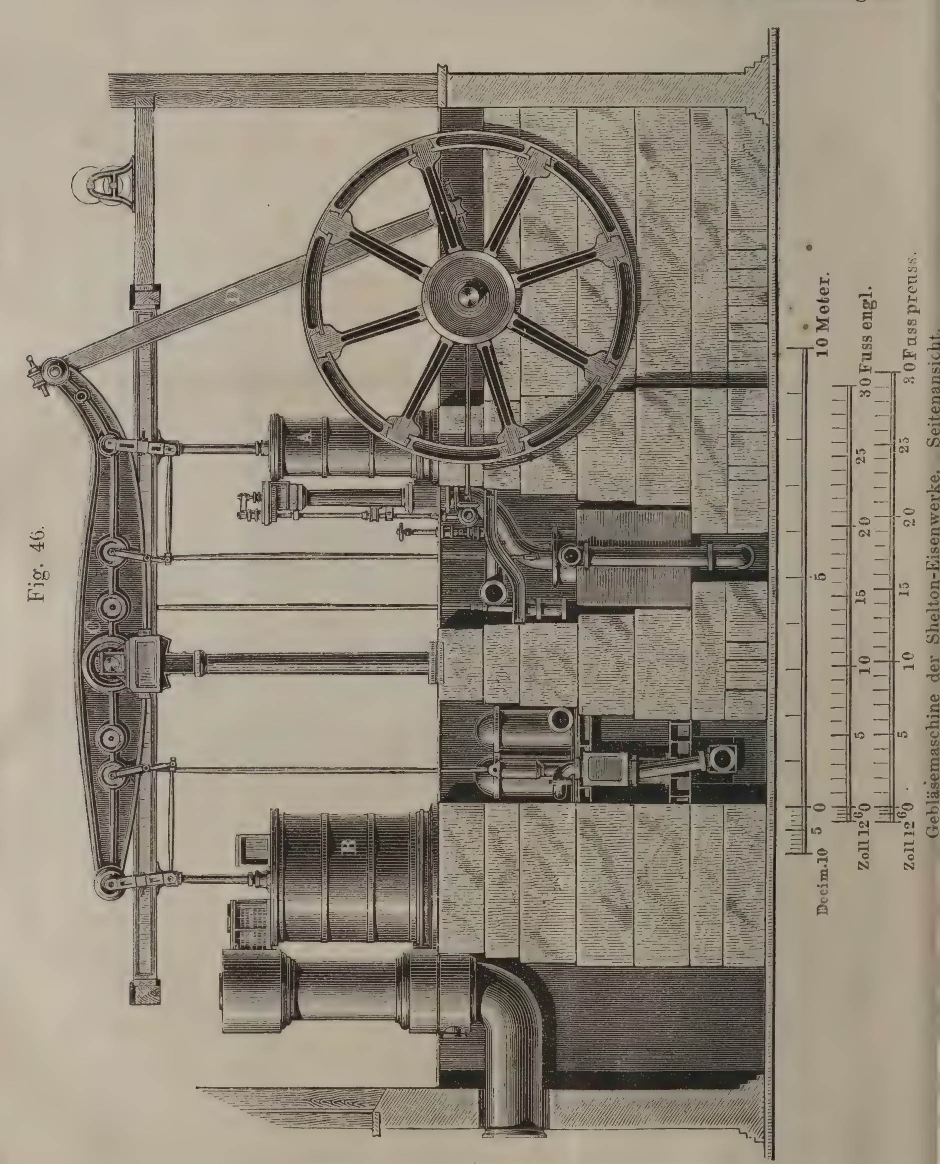
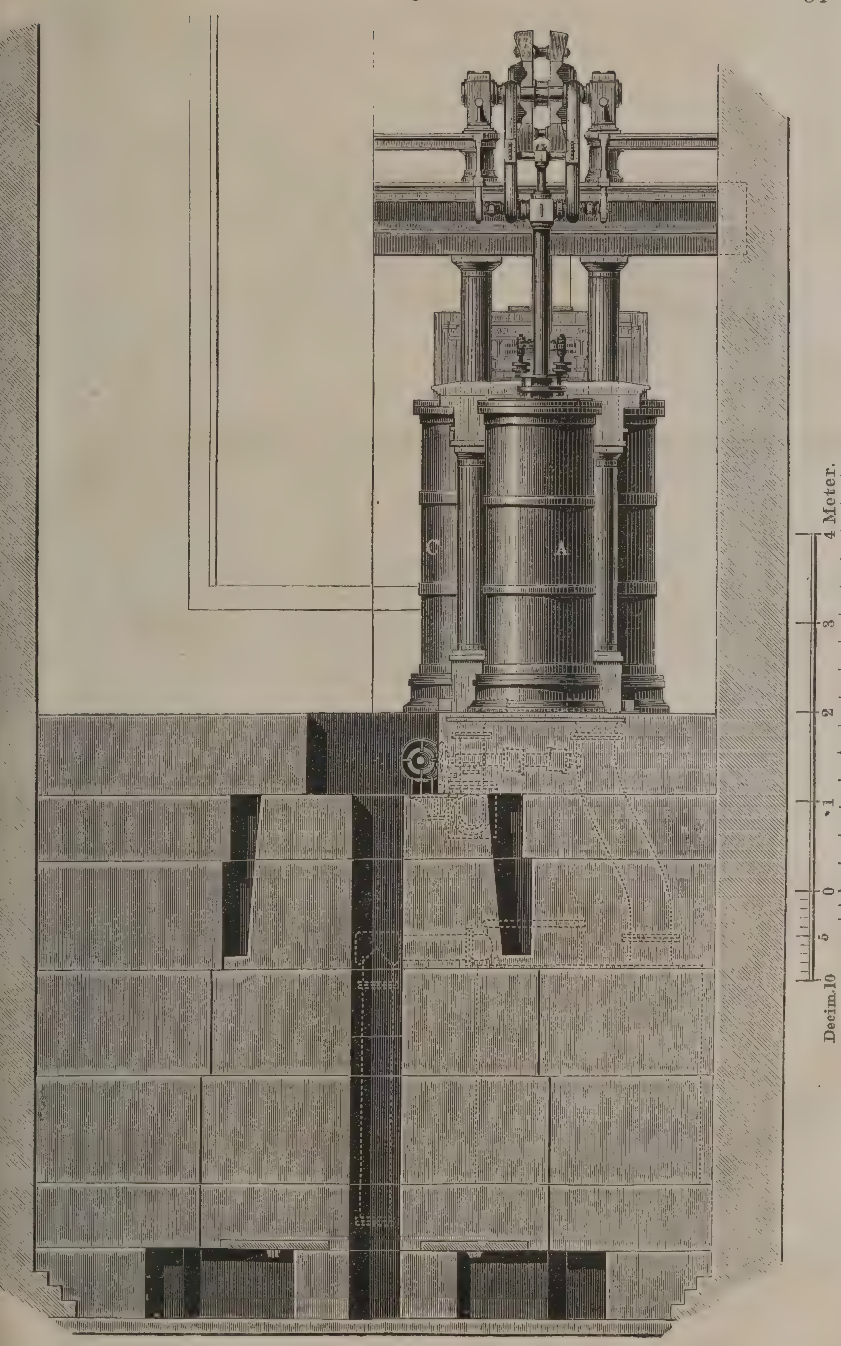


Fig. 46.

Gebläsemaschine der Shelton-Eisenwerke. Seitenansicht.

(*fly wheel*) hat $22^1/_3$ Fuss im Durchmesser und der Kranz (*rim*) desselben wiegt 240 Centner. Der Dampfüberdruck in den Kesseln, deren sieben, indessen nur sechs arbeitende, vorhanden sind, beträgt gewöhnlich etwa 2 Atmosphären. Die Maschine bewegt zugleich eine Pumpe, welche die

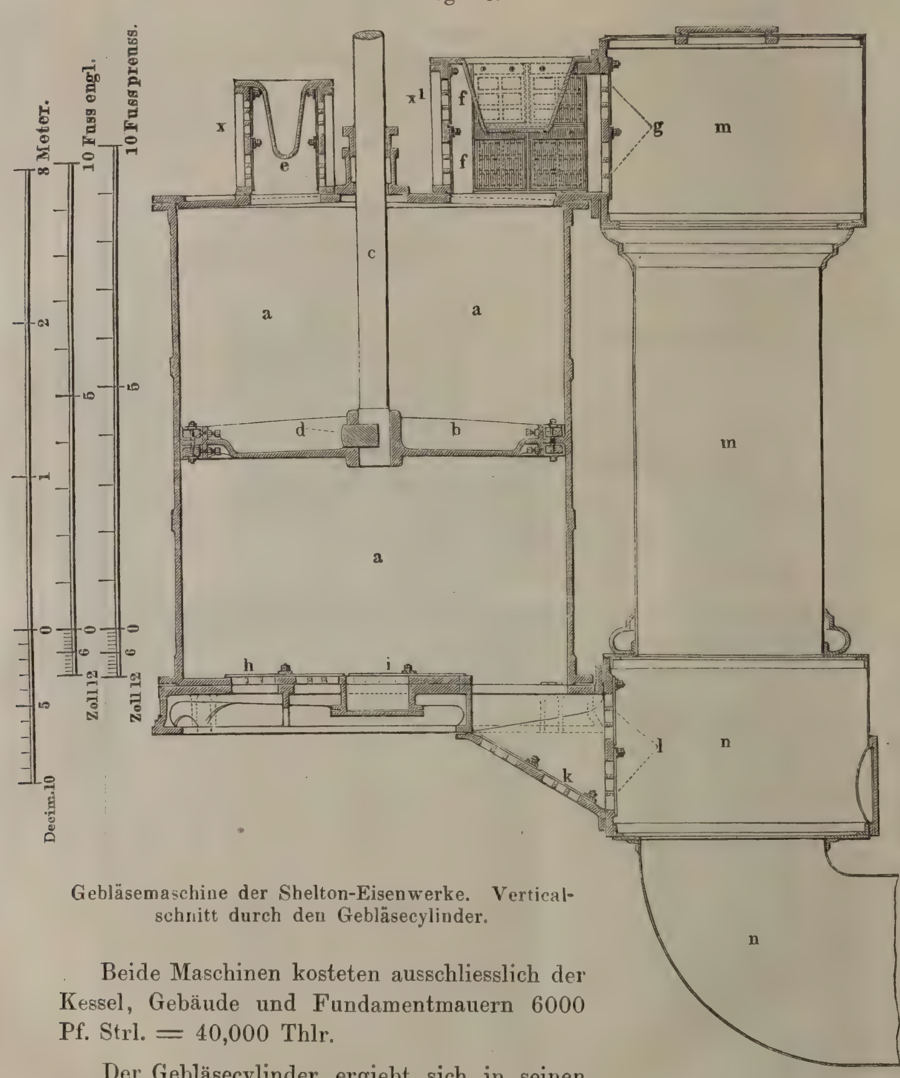
Fig. 47.



Gebläsemaschine der Shelton-Eisenwerke. Endansicht.

Formen der Hochöfen mit Wasser versorgt und welche bei 12 Zoll Durchmesser $4^5/_{12}$ Fuss = 130,3 Centimeter Hub hat.

Fig. 48.



Gebläsemaschine der Shelton-Eisenwerke. Verticalschnitt durch den Gebläsecylinder.

Beide Maschinen kosteten ausschliesslich der Kessel, Gebäude und Fundamentmauern 6000 Pf. Strl. = 40,000 Thlr.

Der Gebläsecylinder ergiebt sich in seinen einzelnen Theilen aus Fig. 48. Es bedeutet hier

a Cylinder (*cylinder*),
b Kolben (*piston*),
c Kolbenstange (*rod*), mit dem Kolben durch den Keil (*cotter*) *d* verbunden,

e und *f* sind die Einlassventile (*inlet-valves*) für die Luft über den Kolben. Die beiden Hälse oder Kästen (*boxes*) x und x^1 auf dem Cylinderdeckel sind mit zahlreichen Oeffnungen an ihren verticalen Seitenwänden versehen; innerhalb derselben (und zwar an zwei Seiten des kleineren x, an drei Seiten des grösseren Halses x^1) befinden sich mehrere lederne Klappenventile (*flap valves*), welche in Ruhe gegen die Seiten anliegen und die Oeffnungen bedecken, dagegen nach innen sich öffnen, sobald durch die Herabbewegung des Kolbens im Inneren des Cylinders eine Luftverdünnung eintritt.

h, *i* und *k* sind die Einlassventile für die Luft unter den Kolben. Der Cylinderboden ist von zahlreichen Oeffnungen durchbohrt, an deren oberer Seite ähnliche Lederklappenventile liegen, wie die vorher erwähnten, welche beim Aufgange des Kolbens sich öffnen und die Luft zutreten lassen. Ebenso verhält es sich mit der schrägen Unterseite des angesetzten Halses.

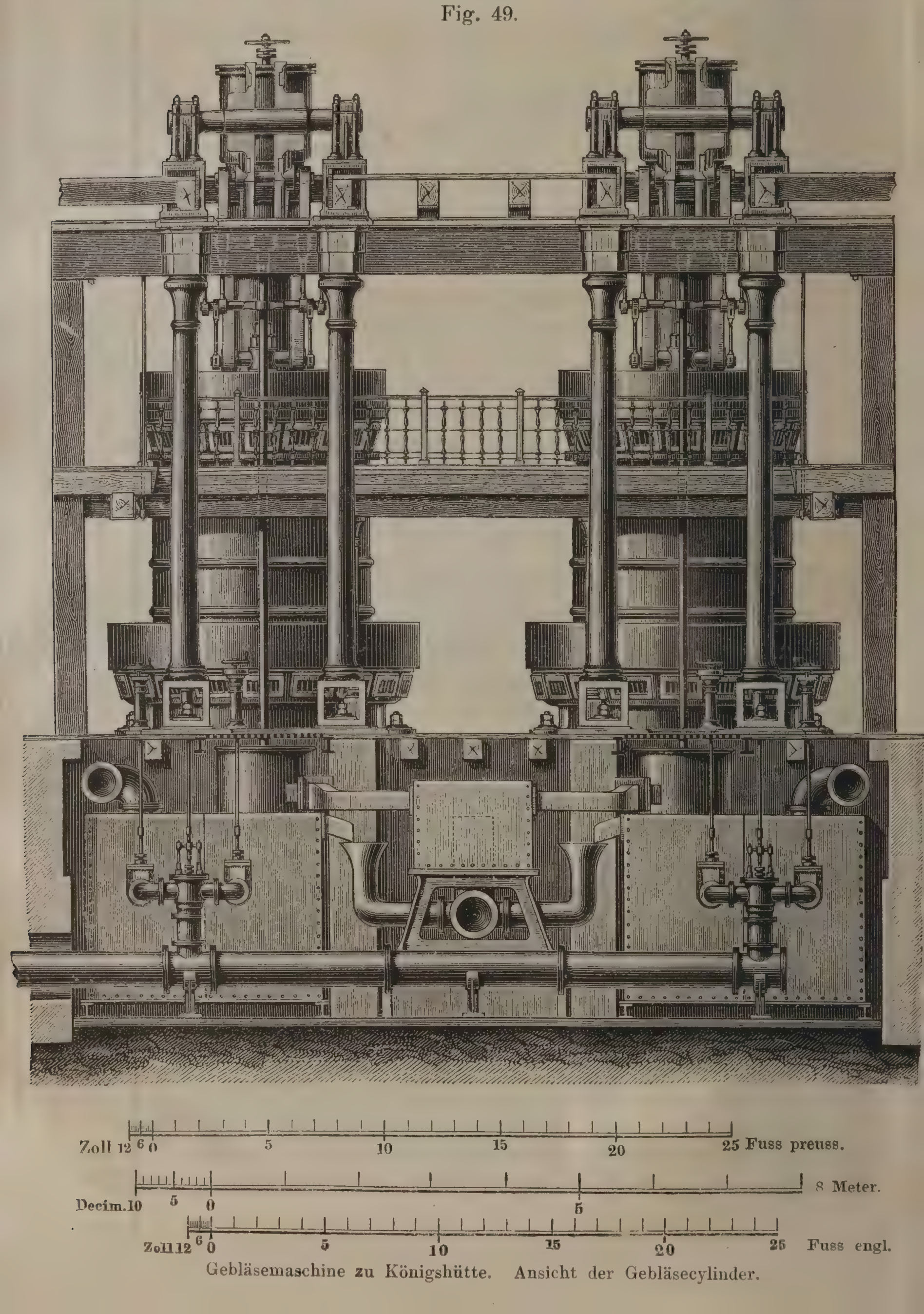
g und *l* sind die Ausblaseventile (*outlet-valves*). Sie bestehen aus einer Reihe lederner Klappenventile, welche an der vierten Seite der Hälse angebracht sind und sich bei der Compression der Luft im Innern des Cylinders nach aussen öffnen, umgekehrt aber, wenn die atmosphärische Luft in den Cylinder einströmt, durch den in der Röhrenleitung befindlichen gepressten Wind geschlossen werden.

m ist das Ableitungsrohr für den Wind. Es ist weit im Querschnitt gemacht, um einen möglichst geringen Reibungswiderstand für die Luft zu haben.

Die Figuren 49, 50 und 51 stellen eine Gebläsemaschine vor, welche nach ähnlichem Principe für die Königshütte in Oberschlesien in der königl. Maschinenfabrik zu Gleiwitz in den Jahren 1867 und 1868 erbaut worden ist. In ihrer allgemeinen Anordnung gleicht die Maschine der vorigen. Auch sie besteht aus zwei durch ein gemeinschaftliches Schwungrad gekuppelten Gebläsen. Fig. 49 zeigt die Ansicht der beiden Gebläsecylinder. Die Anordnung der Einlassventile ist hier eine andere als bei der Gebläsemaschine zu Shelton-Hütte, jedenfalls aber eine zweckmässigere, da sie in sehr einfacher und leicht zugänglicher Art am ganzen Umfange des Cylinders, sowohl oben als unten vertheilt sind. Fig. 50 zeigt die Ansicht der Dampfcylinder und zwar bei der entsprechenden Stellung beider Dampfkolben, wenn die Maschine im Gange ist, weshalb auch an dem linker Hand stehenden Cylinder, der nicht im Durchschnitt, sondern als Ansicht erscheinende Balanciertheil in Folge der höheren Stellung des Kolbens in diesem Cylinder weiter nach oben ragt, als der in Ansicht dargestellte Balanciertheil des rechter Hand stehenden Cylinders, dessen Kolben ungefähr die mittlere Stellung einnimmt. Fig. 51 zeigt einen Verticaldurchschnitt durch den Gebläse- und den Dampfcylinder. Man ersieht hieraus die dem Cylinder, Boden und Deckel angepasste Form des Gebläsekolbens, die Anordnung der Wind- und Dampfleitung, die Ver-

bindung der Kolbenstangen, der Pumpen und des Schwungrades mit dem Balancier und die Uebertragung der Bewegung von der Schwungradwelle auf die Ventilsteuerung der Dampfmaschine. An den beigefügten Maassstäben lassen sich leicht die Dimensionen aller Theile genau abnehmen.

Fig. 49.



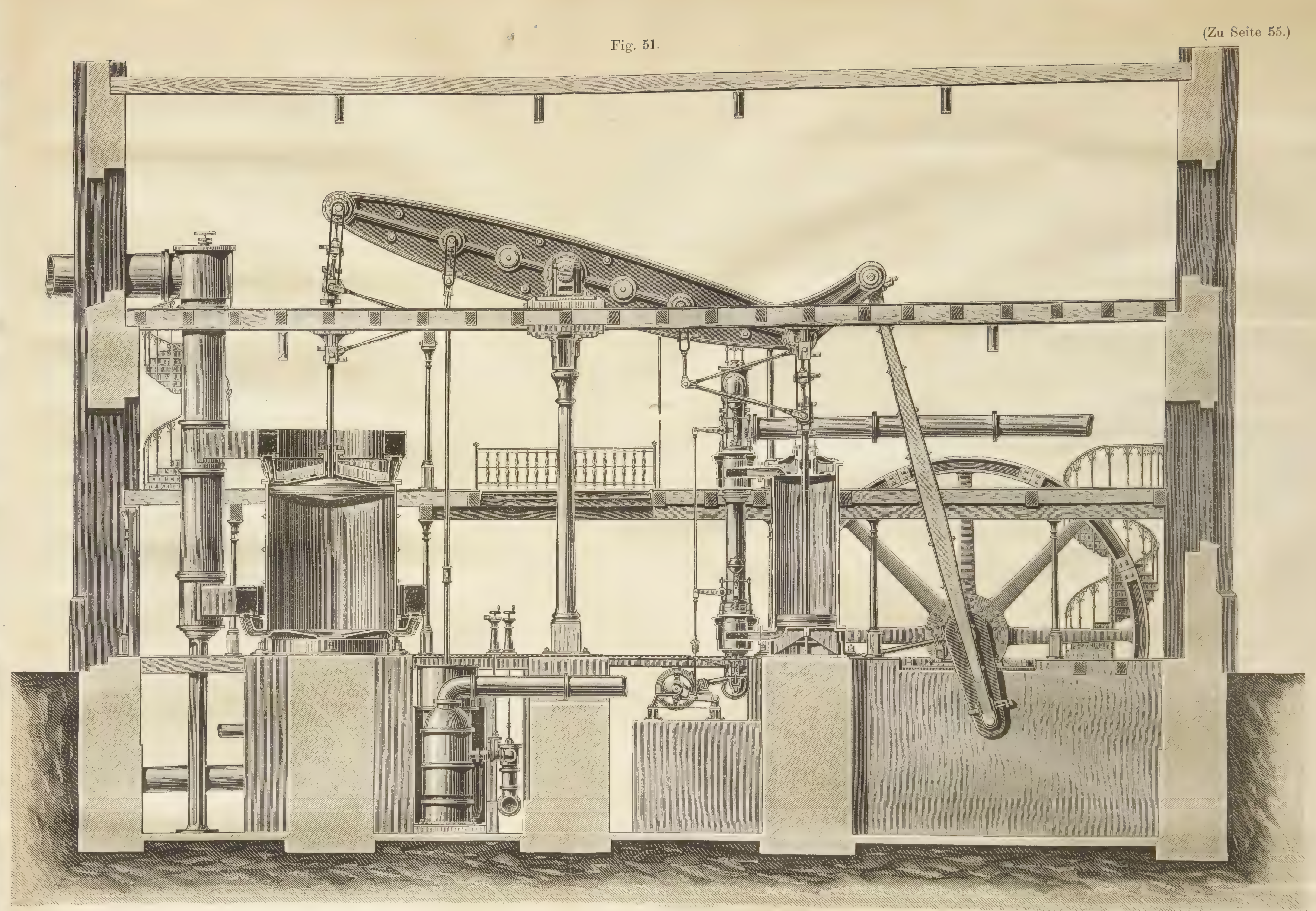
Gebläsemaschine zu Königshütte. Ansicht der Gebläsecylinder.

Fig. 50

Gebläsemaschine zu Königshütte. Ansicht der Dampfcylinder.

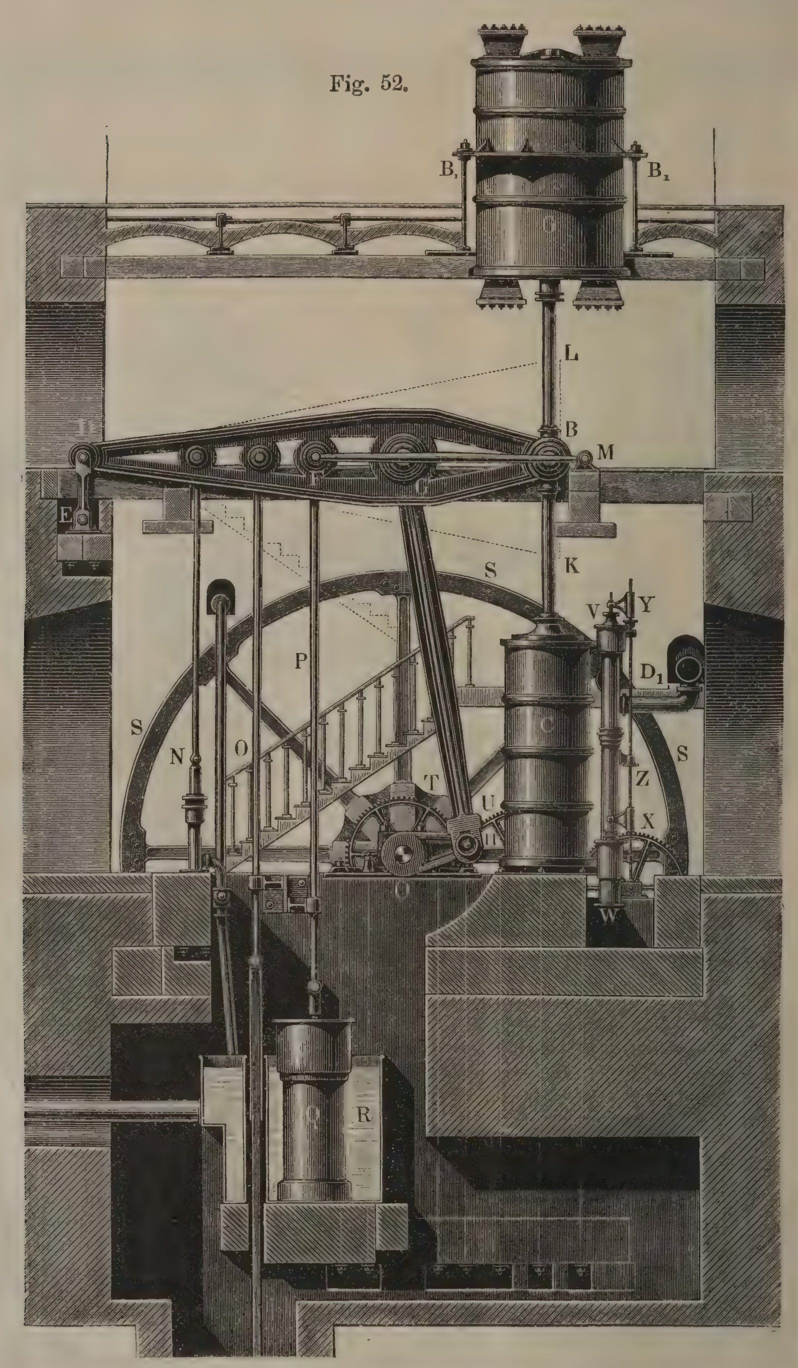
(Zu Seite 55.)

Fig. 51.



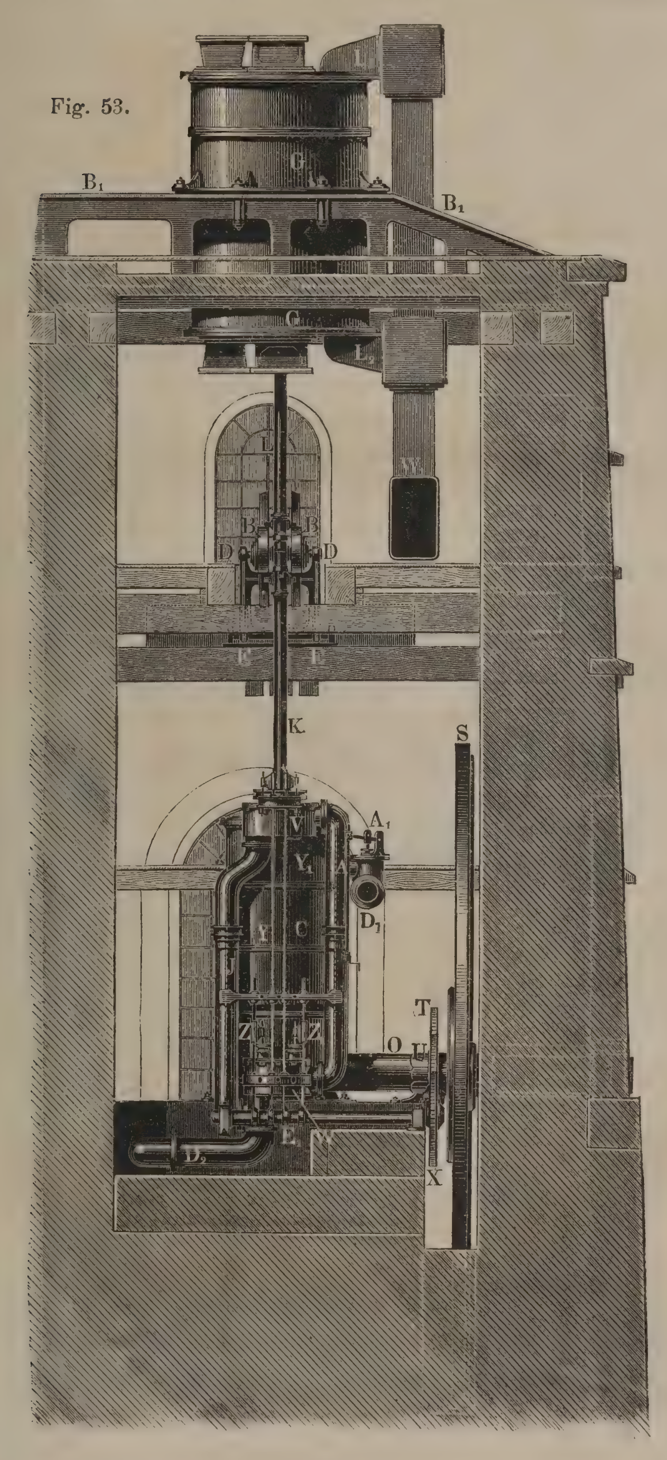
Gebläsemaschine zu Königshütte. Längsdurchschnitt durch Gebläse- und Dampfcylinder.

Fig. 52.



Gebläsemaschine des Seraing-Eisenwerkes. Seitenansicht.

Fig. 53.



Gebläsemaschine des Seraing-Eisenwerkes. Vorderansicht.

Die Anordnung eines direct wirkenden Gebläses mit stehenden Cylindern ergiebt sich aus der zu Seraing in Belgien befindlichen, in Figur 52 und 53 (Seite 56 und 57) abgebildeten Maschine [1]).

Der Gebläsecylinder G steht hier über dem Dampfcylinder C und beide haben die gemeinschaftliche Kolbenstange KL. Um das bei einer Gebläsemaschine zur Erreichung eines gleichmässigen Ganges und einer bestimmten Begrenzung des Hubes [2]) stets nothwendige Schwungrad an die Bläuelstangen und die Pumpen zu befestigen, ist mit der Kolbenstange der einarmige Hebel oder Balancier DB verbunden. Um dem Kopfe desselben indessen eine nahezu senkrechte Auf- und Niederbewegung zu ertheilen, ist er mit einem um M drehbaren Gegenlenker FM versehen und von einem um E drehbaren Träger DE unterstützt. Der Gebläsecylinder G ruht auf eisernen Trägern B_1 B_1. Der Wind geht durch die Auslassventile, welche in den Hälsen L_1 L_2 angebracht sind, in die Windleitung W_1. Die Dampfmaschine arbeitet mit Condensation. Der Dampf wird durch das Rohr D_1 ein- und durch I ausgeführt. Der Condensator wird mittelst der an der Stange O befestigten Pumpe mit kaltem Wasser versorgt. N setzt die Speise-, P die Luft- und Warmwasserpumpe in Bewegung. Die Steuerung ist eine Ventilsteuerung.

Liegende Dampfmaschinen-Cylindergebläse.

Das in Fig. 54 und 55 abgebildete Gebläse ist von Wöhlert im Jahre 1866 für den Hochofen der Gebrüder Röhrig in Braunschweig gebaut worden [3]).

Der Gebläsecylinder, welcher 8 Fuss Durchmesser hat, und der Dampfcylinder von $4^1/_4$ Fuss Durchmesser, besitzen eine gemeinschaftliche Kolbenstange. Der Hub beträgt 6 Fuss. Der Gebläsekolben ist sehr leicht, ganz aus Blech construirt und mit graphitischer Leinwand gelidert; die hohle Kolbenstange hat an beiden Enden Schlittenführungen, welche bei eintretender Abnutzung nachgestellt werden können. Die Dampfmaschine, welche mit Ventilsteuerung arbeitet, hat eine während der Arbeit verstellbare Expansionsvorrichtung.

Der Querschnitt der Einlassventile (welche hier aus Lederklappen mit Parallelführung bestehen) beträgt $^1/_4$, der der Auslassventile (welche aus Gummiklappen bestehen) $^1/_8$ des Gebläsecylinderquerschnittes.

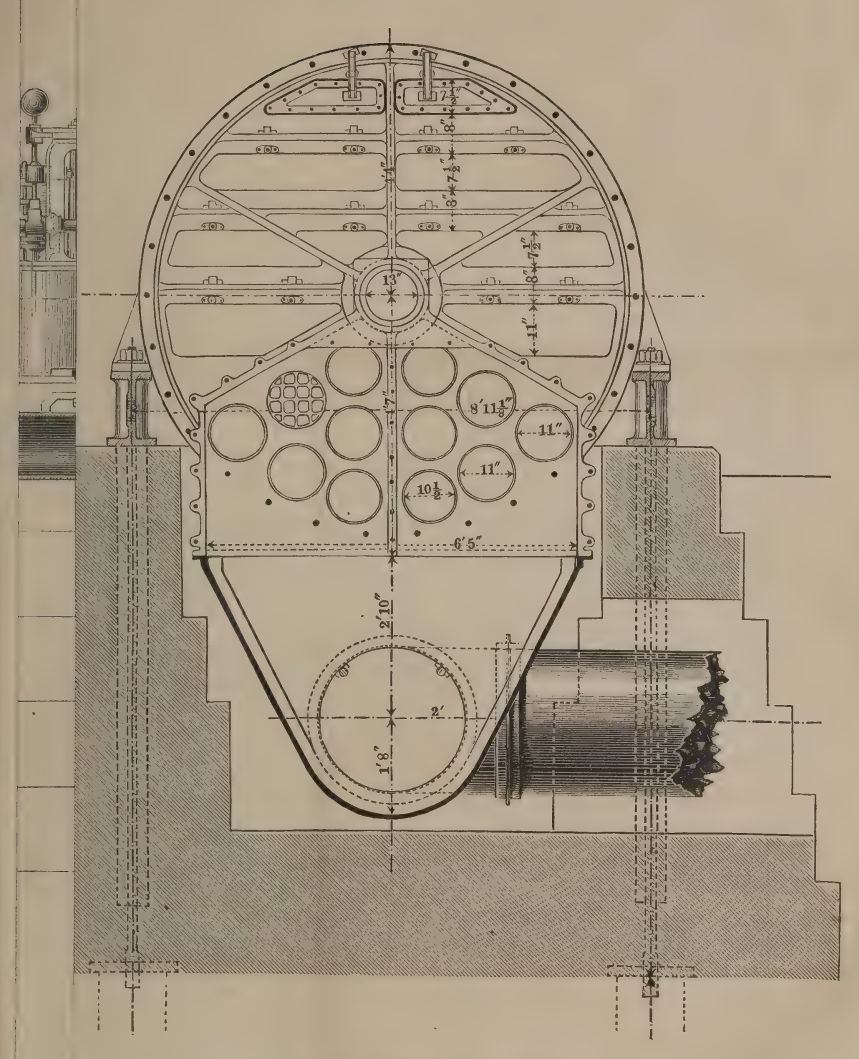
Die Fig. 54 zeigt den Gebläsecylinder im Querschnitt, den mit Ventilsteuerung versehenen Dampfcylinder in Ansicht. Die Anordnung der Ein- und Auslassventile ergiebt sich aus Fig. 55, deren oberer Theil Ansicht, deren unterer Theil Durchschnitt ist.

---

[1]) S. Weisbach III, S. 1099 u. 1100. — [2]) In Gleiwitz, wo ein Schwungrad fehlte, ist im Jahre 1866 ein Durchschlag des Kolbens durch den Cylinderboden vorgekommen. — [3]) Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleisses in Preussen 1867. S. 52.

(Zu Seite 58.)

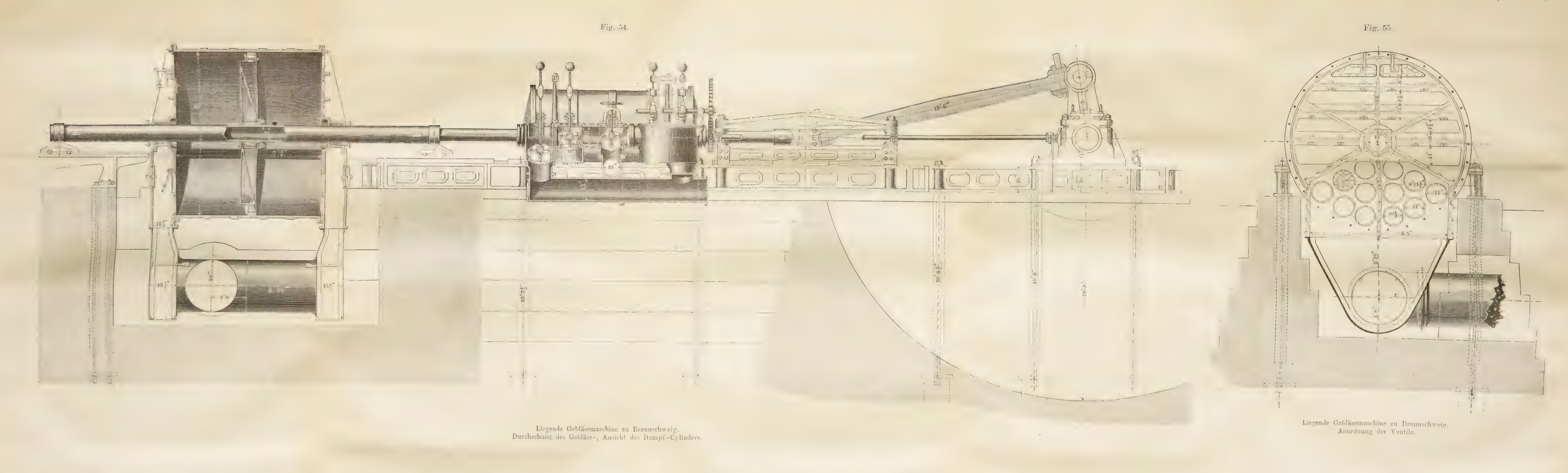
Fig. 55.



Liegende Gebläsemaschine zu Braunschweig.
Anordnung der Ventile.

Fig. 54.

Fig. 55.



Liegende Gebläsemaschine zu Braunschweig.
Durchschnitt des Gebläse-, Ansicht des Dampf-Cylinders.

Liegende Gebläsemaschine zu Braunschweig.
Anordnung der Ventile.

Oscillirendes Cylindergebläse (Wackler).

Schliesslich wird in Fig. 56 bis 59 [1]) ein zu Malapane in Oberschlesien gebautes oscillirendes Cylindergebläse dargestellt, welches zugleich als Beispiel eines durch Wasserrad getriebenen Cylindergebläses dienen soll. Die Uebertragung der Bewegung von der Wasserradwelle auf die Kurbelwelle geschieht hier durch Zahnräder ohne Geschwindigkeitsveränderung. Die beiden Kurbeln sind um 90° gegen einander verstellt. Der gepresste Wind geht durch die hohlen Axen der beiden Cylinder in die Windleitung, wie dies an dem in Fig. 56 im Durchschnitt gezeichneten Gebläsecylinder deutlich zu sehen ist. Die Einlassventile sind mit Gegengewichten versehene Klappen.

Vergleich der verschiedenen Anordnungen von Hochofen-Cylinder-Gebläsemaschinen.

Die in dem Vorhergehenden erläuterten Beispiele erschöpfen bei Weitem nicht alle in der Praxis vorkommenden Combinationen, aber sie werden dem Leser den nöthigen Anhalt gewähren, um auch ohne Abbildungen die übrigen vorkommenden Fälle zu verstehen und dem Vergleiche der auf verschiedenen Hüttenwerken ausgeführten Anordnungen in Bezug auf ihre Zweckmässigkeit folgen zu können.

Wasser- und Dampfgebläse. Es ist bereits darauf hingewiesen worden, dass die grösste Zahl von Gebläsemaschinen bei Hochofenwerken mit Dampf betrieben wird, weil das Brennmaterial zur Erzeugung des Dampfes durch Verwendung der Hochofengase oder Benutzung sonst werthloser Kleinkohlen und ähnlicher Brennstoffe verhältnissmässig billig zu beschaffen ist. Wenn Wassergefälle indessen vorhanden ist, so hat man hierin häufig eine noch billigere Betriebskraft. Man soll indessen niemals diese letztere allein anwenden, wenn man nicht sicher ist, sie zu jeder Zeit ausreichend zu Gebote zu haben. Die Einstellung eines Hochofens bedingt nicht nur den Verlust an Productionswerth und Capitalzins, sondern auch sehr bedeutende Reparaturkosten. Ein Hochofen, welcher noch Jahre hindurch in Betrieb hätte sein können, wird gewöhnlich durch Ausblasen so beschädigt, dass er eines neuen Kernschachtes bedarf. Ist man also das ganze Jahr hindurch einer ausreichenden Wasserkraft nicht sicher, so ist eine Reservedampfmaschine erforderlich. Die Capitalzinsen für dieselbe bleiben sich nun gleich, sie sei im Gange oder stehe still. Der Hüttenmann wird sich daher dann, wenn sich die Beschaffung einer Dampfmaschine, sei es auch nur zur Aushülfe, überhaupt einmal als nothwendig herausgestellt hat, zu fragen haben, ob der fortlaufende Betrieb derselben nicht billiger als die Wasserkraft einschliesslich der Zinsen vom Anlagecapital der Dampfmaschine sei, und dies wird von der Entscheidung abhängen, ob die Verzinsung der Anlagekosten und die Unterhaltungs-

[1]) Nach einer Aufnahme des Bearbeiters.

kosten einer Gichtgasleitung und die Unterhaltung der Dampfmaschine, oder die Verzinsung der Anlagekosten und die Unterhaltungskosten des Wasserrades sammt Zubehör billiger sind. In den meisten Fällen entscheidet sich die Frage zu Gunsten des beständigen Dampfbetriebes. Ist man dagegen über die Zuverlässigkeit der Wasserkraft sicher, nun so wird man überhaupt keiner Dampfmaschine bedürfen.

Wasserkraftgebläse[1]. Hat man sich für Wasserkraft entschieden, so wendet man fast ohne Ausnahme als Betriebsmaschine das Wasserrad an, sehr selten die Turbine. Bei Anwendung des ersteren genügt die Zahl der Umgänge entweder gerade für die richtige Geschwindigkeit des Gebläsekolbens, oder man bedarf einer Umsetzung ins Geschwinde. Bei Anwendung der Turbine dagegen ist eine Umsetzung ins Langsame erforderlich.

Turbinengebläse. Da eine Turbine meist in einem tieferen Niveau als demjenigen der Hüttensohle aufgestellt werden muss, so empfiehlt sich naturgemäss eine verticale Stellung des darüber liegenden Cylinders.

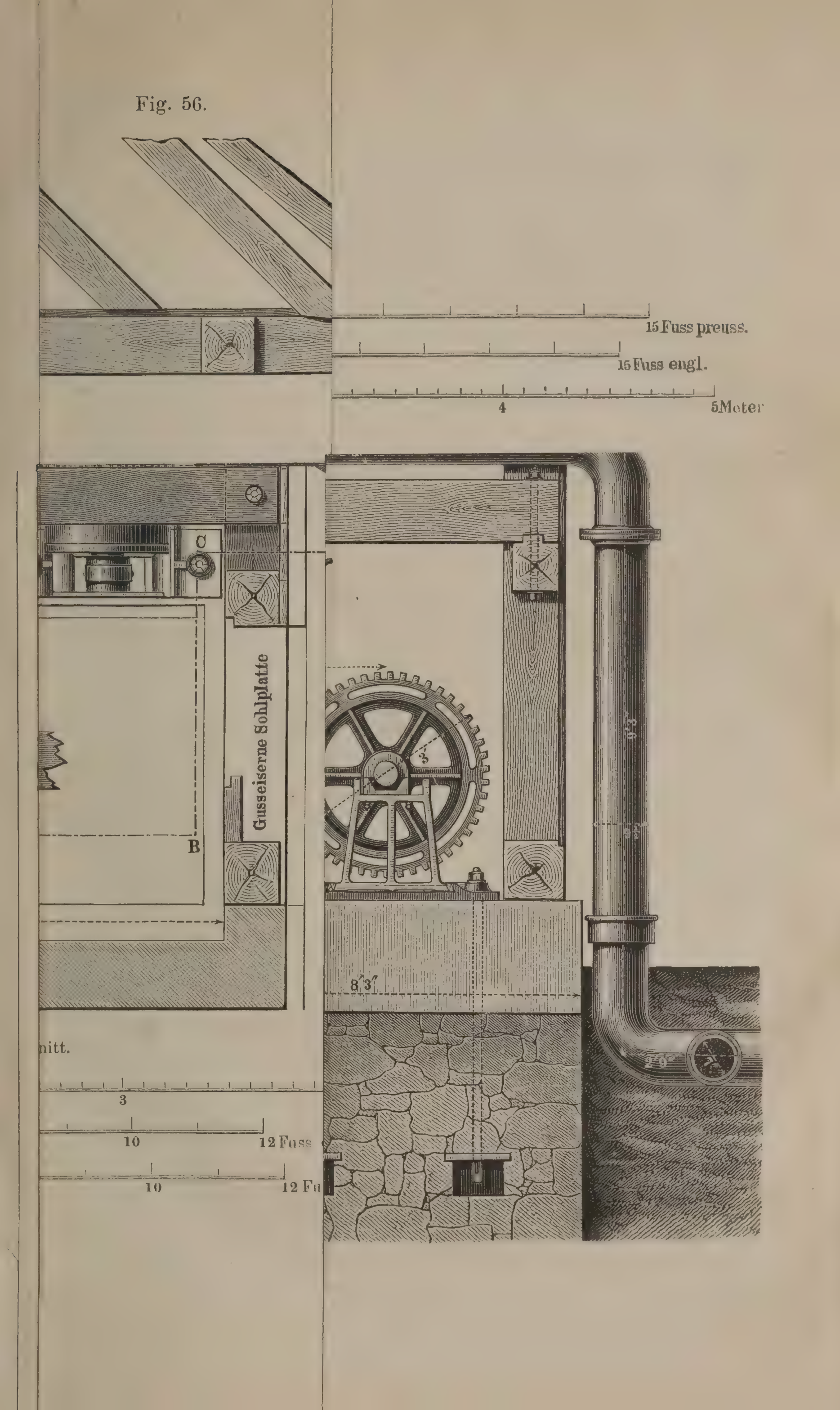
Wasserradgebläse. Das Wasserrad kann gewöhnlich bequem im Niveau der Hüttensohle liegen. Eine Aufstellung der Gebläsecylinder über demselben ist daher nicht nöthig und die durch eine solche Aufstellung zu erreichende directe Wirkung der mit den Kurbelzapfen der Wasserradwelle verbundenen Kolbenstangen verbietet sich meist durch die localen Verhältnisse. Nur bei einfachwirkenden Gebläsen[2] stellt man die drei Cylinder über eine dreifache Kurbelwelle, welche durch Getriebeübersetzung bewegt wird. Bei doppeltwirkenden Gebläsen zieht man dagegen mit Recht eine Balancierübertragung auf einen seitwärts stehenden Cylinder vor. Ist man im Raume nicht beschränkt, so bietet diese letztere die einfachsten Verhältnisse bei Reparaturen, gestattet eine leichte Verbindung von Wasserpumpen zur Beschaffung des Formenkühlwassers u. s. w. Ist der Raum dagegen knapp, so empfiehlt es sich, oscillirende Cylinder (Fig. 56 bis 59) anzuwenden. Zu Altenau im Harze[3] hat man, um Raum zu sparen, drei stehende Cylinder in einem gleichschenkligen Dreieck angeordnet. Die Bewegung der Wasserradwelle wird durch Winkelgetriebe, welche mit Krummzapfen versehen sind, und aufwärts gehende Leitstangen, welche oben ein Querhaupt tragen, an dem die Kolbenstange befestigt ist, auf letztere übertragen. Eine solche Anordnung erschwert indessen die Zugänglichkeit der einzelnen Theile und somit alle Reparaturen.

Schliesslich bleibt noch die Uebertragung auf horizontale Cylinder übrig. Es kann hierbei der Krummzapfen, welcher die Leitstange bewegt, direct mit der Wasserradwelle verbunden sein, oder es findet zuvor eine Uebertragung auf Getriebe statt. Die letztere Anordnung erfordert mehr Raum, ist aber leichter gegebenen localen Verhältnissen anzupassen. Die

---

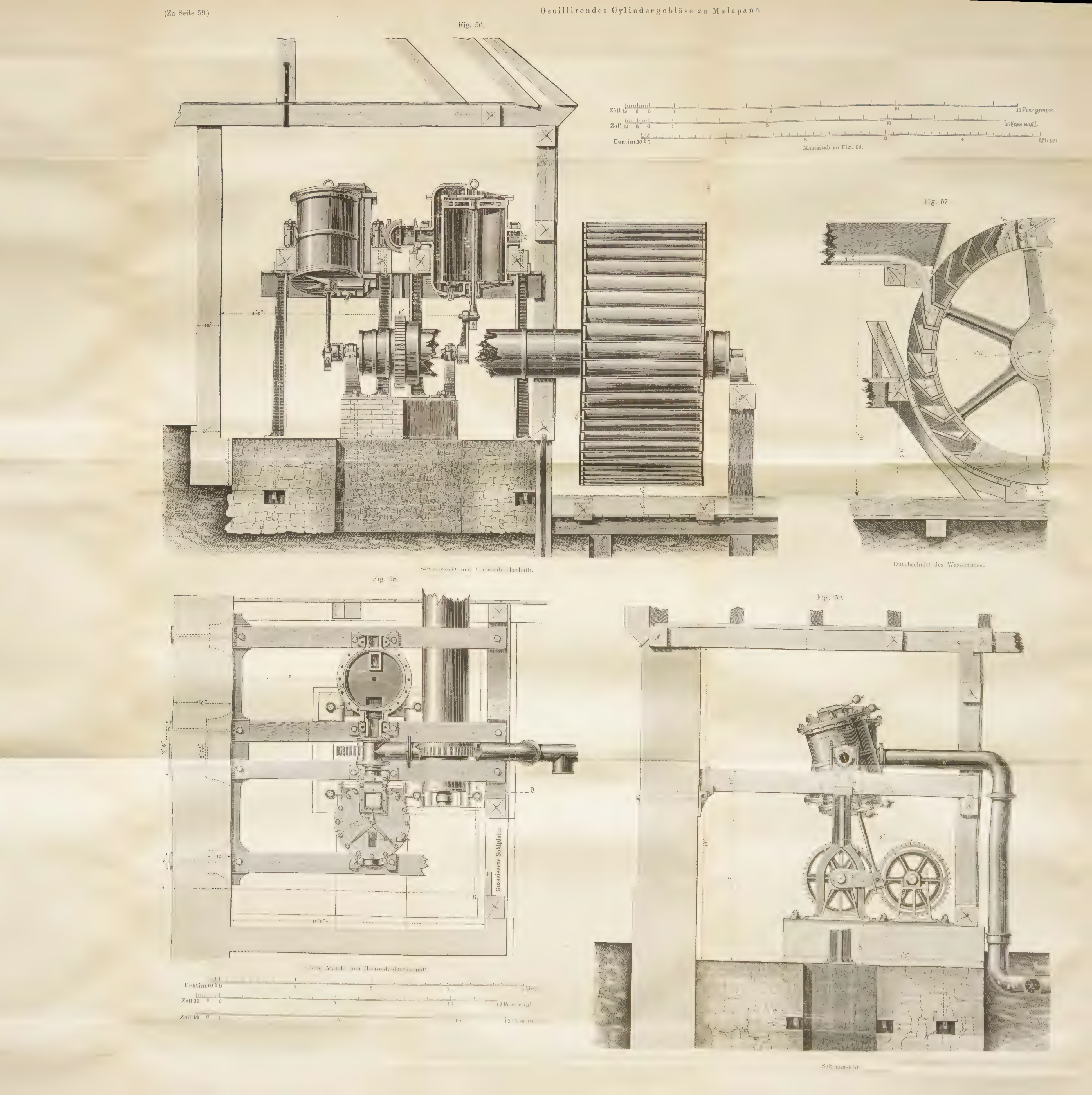
[1] Vergl. Hauer, S. 91 u. f. — [2] Wie sie z. B. in Schweden üblich sind. — [3] Kerl, Oberharzer Hüttenprocesse S. 351.

Fig. 56.



15 Fuss preuss.
15 Fuss engl.
4
5 Meter
C
Gusseiserne Sohlplatte
B
3
8' 3"
9' 3"
nitt.
3
10
12 Fuss
10
12 Fu

Oscillirendes Cylindergebläse zu Malapane.



Nachtheile einer horizontalen Lage des Gebläsecylinders sind dieselben, welche bei Dampfgebläsen auftreten und dort erläutert werden sollen.

Dampfgebläse. Da die zweckmässigsten Geschwindigkeiten des Dampfkolbens und des Gebläsekolbens wenig oder gar nicht differiren, so bedarf es bei Dampfgebläsen keiner Getriebeübersetzung.

Der Gebläsecylinder steht entweder oder er liegt und der Dampfcylinder hat stets eine analoge Stellung.

Hauer[1]) stellt die Vortheile und Nachtheile beider Einrichtungen gegen einander, indem er sagt:

„Bei stehender Anordnung wird, um den Gebläsecylinder in gleiches Niveau mit der Kraftmaschine zu bringen, ein Balancier angewandt, welcher für Condensations-Dampfmaschinen zugleich das einfachste Mittel zur Bewegung der Luft- und Kaltwasserpumpe darbietet, hingegen sammt zugehörigen Theilen die Anlage bedeutend vertheuert. Statt dessen kann das Gebläse über oder unter die Kraftmaschine gestellt und der Balancier weggelassen werden. Dabei ergiebt sich eine Ausdehnung des Baues in die Höhe, welche eine kostspielige Fundirung erfordert. In beiden Fällen wirken die Gewichte der Kolben, Kolbenstangen und Schubstangen beim Aufgange hindernd, beim Niedergange fördernd und müssen nach Umständen ausgeglichen werden."

„Bei liegender Anordnung ist der Balancier erspart, es befinden sich sämmtliche Maschinentheile nahe dem Boden, was nicht nur die Aufsicht und Wartung erleichtert, sondern auch die Fundirung vereinfacht; die oben erwähnte Gewichtsausgleichung fällt weg. Der wesentlichste Einwurf gegen liegende Gebläse ist, dass die Liderung an der Unterseite des Kolbens schneller zu Grunde geht und der Cylinder mehr abgenutzt wird, indem sich die Kolbenstange unter der Last des Kolbens biegt. Dient zum Betriebe eine horizontale Dampfmaschine, so leidet diese an gleichen Nachtheilen, jedoch in geringerem Maasse, weil das Gewicht des Dampfkolbens kleiner ist. Als Mittel dagegen sind hervorzuheben: Eine dicke, hohle Kolbenstange, deren Einbiegung mithin gering ist; Führung der Kolbenstange durch beide Cylinderdeckel, so dass sie an zwei Punkten gestützt wird; endlich eine besondere Unterstützung der Kolbenstangenenden durch Rollen oder stellbare Lager, welche sich ausser dem Cylinder befinden. Eine vollkommene Abhülfe gewähren alle diese Mittel nicht; auch sind die zu überwindenden Reibungen bei liegenden Gebläsen etwas grösser. Aus diesen Gründen wählt man in der Neuzeit wieder die stehende Anordnung."

Dampfgebläse mit stehenden Cylindern. Gebläse- und Dampfcylinder solcher Maschinen stehen, wie sich aus dem Gesagten ergiebt, entweder neben- oder übereinander. Es ist bereits darauf hingedeutet, dass im ersteren Falle ein die Anlagekosten vertheuernder Balancier an-

[1]) Op. cit. S. 90 u. 91.

gewendet werden muss. Dieser ist zwar bei übereinanderstehenden Cylindern entbehrlich, aber dennoch zur Ausgleichung des Gewichtes der beweglichen Theile und zur Anbringung der Pumpen sehr wünschenswerth. Es wird dann an Kosten wenig oder gar nicht gespart. Da nun ferner die leichtere Fundamentirung und die bequemere Zugänglichkeit der einzelnen Theile bei Reparaturen den Balanciermaschinen mit nebeneinanderstehenden Cylindern Vorzüge gegen die direct wirkenden Maschinen giebt, so empfehlen sich die ersteren dann wenn man hinreichenden Raum hat stets, namentlich aber bei unsicherem Baugrunde. Bei Hüttenwerken, welche an Hügelabhängen angelegt sind und bei denen der Raum, auf dem die Hochöfen stehen, beengt ist, sind dagegen die in die Höhe gebauten, eine kleine Quadratgrundfläche einnehmenden Gebläse mit übereinanderstehenden Cylindern vorzuziehen.

Balanciermaschinen. Bei Balanciermaschinen mit nebeneinanderstehenden Cylindern finden sich drei Anordnungen:

1) Gebläse und Dampfcylinder befinden sich an den entgegengesetzten Endpunkten des Balanciers, die Kurbelstange für das Schwungrad greift zwischen dem Aufhängepunkt des Balanciers und dem Dampfcylinder an. Dies ist bis jetzt die häufigste Anordnung in Deutschland. Solche Maschinen nehmen die verhältnissmässig geringste Länge ein, aber das Schwungrad ist der Zugänglichkeit des Dampfcylinders sehr hinderlich.

2) Gebläse- und Dampfcylinder stehen wie bei der vorhergehenden Anordnung an beiden Seiten vom Aufhängepunkte des Balanciers, aber die Schwungradkurbelstange greift an einer hornartigen Verlängerung des Balanciers ausserhalb des Dampfcylinders an. Die Länge der Maschine wird vergrössert, aber das Schwungrad ist durchaus nicht hinderlich. Diese ursprünglich englische Anordnung ist in Fig. 46 bis 51 dargestellt; sie scheint den Sieg über alle anders angeordneten Gebläsemaschinen davon zu tragen und findet immer allgemeinere Verbreitung.

3) Der Gebläsecylinder steht zwischen Dampfcylinder und Aufhängepunkt des Balanciers. Die Kurbelstange des Schwungrades greift am anderen Ende des Balanciers an. Eine solche Construction, wie sie z. B. auf der Johannishütte bei Duisburg ausgeführt ist, bedingt dieselbe Längenausdehnung wie die erste Anordnung. Es ist hier der Weg des Dampfkolbens länger als der des Gebläsekolbens, was einige Vortheile bietet, aber der Nachtheil liegt darin, dass der Dampfcylinder wegen seiner grösseren Länge tiefer stehen muss, als der Gebläsecylinder. Da übrigens die Ungleichheit des Weges beider Kolben bei den ersten beiden Anordnungen auch erreicht werden kann, wenn man den Balancier ungleicharmig macht und da durch das enge Zusammenlegen beider Cylinder der Vortheil der leichten Zugänglichkeit einigermaassen aufgehoben wird, so hat sich diese Art von Gebläsen nicht viel Eingang verschafft.

Maschinen mit übereinanderstehenden Cylindern. Bei übereinanderstehenden Cylindern kann die Bewegung des Dampfkolbens durch

eine gemeinschaftliche Kolbenstange direct auf den Gebläsekolben übertragen werden oder die Bewegung des Dampfkolbens wird auf ein Querhaupt und von diesem auf den Gebläsekolben übertragen. Diese letztere Anordnung wird zur Nothwendigkeit, wenn der Dampfcylinder direct auf dem Gebläsecylinder aufsitzt (Schmidt'sches Gebläse), weil man zwischen beiden keine Stopfbüchse anbringen kann, oder wenn man mit zwei Dampfcylindern, d. h. einer Woolf'schen Dampfmaschine arbeitet.

Mit dem Querhaupt werden zugleich die Kurbelstangen der Schwungräder verbunden, deren man, um das Gleichgewicht herzustellen, zwei bedarf, falls man nicht ein einziges über beiden Cylindern anordnen will, oder falls man nicht einen einarmigen (Evans'schen) Balancier anbringt, an dem die Kurbelstange nur eines Schwungrades angreift. Welche Anordnung der Schwungräder man wählt, dürfte übrigens ziemlich gleichgültig sein.

Die unmittelbare Verbindung beider Cylinder hat den Nachtheil, dass man zur Reparatur des Gebläsekolbens stets den ganzen Dampfcylinder sammt Zubehör abheben muss. Man wendet daher fast stets Cylinder an, welche einen hinreichenden Abstand von einander haben, um jeden für sich bei Reparaturen zugänglich zu machen.

Obgleich der Gebläsecylinder der grössere und schwerere Theil ist und daher am leichtesten unter dem Dampfcylinder anzuordnen ist, so wählt man doch gewöhnlich die umgekehrte Anordnung und stellt den Gebläsecylinder über den Dampfcylinder. Dies hat darin seinen Grund, dass der stets durch die Stopfbüchse dringende condensirte Dampf im ersten Falle auf den kalten Gebläsecylinder tropft und zum schnellen Rosten Veranlassung giebt.

Gebläse mit Kurbelübertragung. Dampfgebläse mit stehenden Cylindern, bei welchen die Bewegungsübertragung durch Kurbelwellen stattfindet, kommen selten in Anwendung, da die Welle, um hinreichend fest zu liegen, unter den Gebläsecylindern angeordnet sein muss und dadurch complicirte Constructionen entstehen.

Dampfgebläse mit liegenden Cylindern. Dieselben werden meistentheils direct wirkend angeordnet. Eine Uebertragung durch Kurbelwelle findet nur in dem seltenen Falle statt, in dem ein Dampfcylinder mit mehreren Gebläsecylindern combinirt werden soll. Man legt dann alle Cylinder auf dieselbe Seite der die Schwungräder tragenden Kurbelwelle und erhält dadurch allerdings bei Mangel an Raum eine gedrängtere Anlage, als wenn man die Cylinder hinter einander legt. Im Uebrigen ist aber die letztere Anordnung die einfachste und daher gebräuchlichste. Man legt dann den Gebläsecylinder hinter den Dampfcylinder und vor den letzteren die Schwungradwelle, seltener bringt man die Schwungradwelle zwischen den beiden Cylindern an.

Dampfgebläse mit oscillirenden Cylindern werden nur bei sehr beschränktem Raum angewendet. Man hat hierzu wohl alte Schiffs-

maschinen verwerthet. Die Schwierigkeit der Dichthaltung der oscillirenden Dampfmaschinen hat, da man meist nicht so sehr im Raume beengt ist, ihre Verbreitung gehindert.

Dampfgebläse ohne Schwungräder. Bei allen den geschilderten Arten von Gebläsen wendet man jetzt Schwungräder an. Sie haben zwar den Nachtheil, dass man von der im Uebrigen einfach hin- und hergehenden Bewegung, eine rotirende Bewegung, abzweigen muss, aber die Einfachheit, welche das Fehlen von Schwungrädern in der Construction der Maschine mit sich bringt, wird mehr als aufgewogen durch die Gefahr, welche durch den nur vermittelst der Umsteuerung oder mit Hülfe von Puffern und Fangböcken begrenzten Hub herbeigeführt wird. Wendet man übereinanderliegende Cylinder an, so ist schon zum Ausgleiche des Kolben- und Stangengewichtes ein Contrebalancier geboten.

Die Dimensionsverhältnisse der Ventile.

Abgesehen von der absoluten Grösse des Gebläsecylinders und der Geschwindigkeit des Kolbens, welche von dem Bedarf an Wind abhängig sind und deren Bestimmung Gegenstand des folgenden Abschnitts sein wird, kommt besonders das Verhältniss des Querschnitts der Saug- und Blase- oder Druckventile zu dem des Kolbens in Betracht. Redtenbacher [1]) giebt folgende Verhältnisse an:

Der Querschnitt der Saugventile verhält sich zu dem des Kolbens
bei Kastengebläsen . . . . = 1 : 15 bis 12
bei Cylindergebläsen . . . . = 1 : 10 bis 9
Der Querschnitt der Blaseventile zu dem des Kolbens
bei beiden Maschinen . . . . = 1 : 22.

Bei praktischen Ausführungen stellen sich die Zahlen indessen nicht unwesentlich anders, z. B. [2]):

Hochofen-Cylindergebläse zu	Verhältniss der Saugventile zum Kolben =	Verhältniss der Druckventile zum Kolben =
1. Malapane	1 : 10,0	1 : 17,2
2. Königshütte (Wedding-Gebläse) . . .	1 : 7,9	1 : 14,4
3. „ (Reden-Gebläse)	1 : 9,4	1 : 10,6
4. Laurahütte	1 : 7,5	1 : 11,0
5. „	1 : 8,1	
6. Als Mittel aus vielen Beispielen findet Dürre für schlesische Gebläse . . .	1 : 10,7	1 : 15,57
7. Shelton	1 : 2,7	1 : 6,1
8. Braunschweig (Röhrig)	1 : 1,4	1 : 8

[1]) Resultate für den Maschinenbau von F. Redtenbacher. 1860. S. 364 u. f.
[2]) 1. bis 6. nach handschriftlichen Berechnungen des Herrn Dürre, Assistenten an der Bergakademie zu Berlin.

Mithin dürften jene von Redtenbacher angegebenen Verhältnisse als Minima anzusehen sein. Bei neueren Hochofengebläsen wenigstens geht man mit dem Querschnittsverhältniss der beiden Ventilarten weit höher, was daher rühren mag, dass man im Allgemeinen jetzt einen schnelleren Gang der Maschine vorzieht.

Hauer[1]) nimmt für Cylindergebläse zwar auch an, dass man den Oeffnungen der Druckventile an jedem Cylinderdeckel das Verhältniss zum Kolben = 1 : 15 bis 9 bei geringerer Pressung geben müsse, setzt dagegen bei grösserer Kolbengeschwindigkeit das Verhältniss = 1 : 6 an, während die Saugventile nach ihm das 1,5- bis 2fache des summarischen Druckventilquerschnitts zur Grösse erhalten sollen. Indessen haben die Engländer, wie sich aus dem Beispiele der Shelton-Maschine ergiebt, auch dies Verhältniss weit überschritten und man hat es ihnen auf preussischen Werken mit Vortheil nachgeahmt.

Durchmesser, Hubhöhe und gelieferte Windmenge der Kolbengebläse.

Wenn A den Querschnitt des Gebläsecylinders und L die Hubhöhe des Kolbens ausdrückt, beides in Fussen, und N die Zahl der einzelnen Hübe pro Minute, so ist die Luftmenge atmosphärischer Dichtigkeit, welche vom Cylinder eingesaugt wird,

$$= NAL \text{ Cubikfuss.}$$

Sind mehrere (n) Cylinder vorhanden, so ist das Gesammtquantum $Q = nNAL$ Cubikfuss, vorausgesetzt, dass die Ventile sich schnell genug öffnen, gross genug sind, und die Bewegung des Kolbens langsam genug vor sich geht, um eine Luftverdünnung zu verhüten. Für genaue Berechnungen ist es nöthig, von dem Product NAL den Inhalt der Kolbenstange, sowie den schädlichen Raum abzuziehen, d. h. den Raum, welcher zwischen Kolbenoberfläche und Cylinderdeckel oder Boden am Ende des Hubes übrig bleibt.

Es ist theoretisch mithin gleichgültig für die Luftmenge, welche geliefert werden soll, in welchem Verhältniss $N:A:L$ stehen, wenn nur das Product das gleiche ist. In der Praxis haben sich aber bestimmte Verhältnisse als die besten herausgestellt. Nämlich erstens das Verhältniss vom Durchmesser zur Hubhöhe ungefähr = 1 : 1 und die Kolbengeschwindigkeit zwischen 170 und 300 Fuss pr. Minute; nach Hauer[2]) ist die Geschwindigkeit gewöhnlich = 240 bis 300, bei besonders guter Anordnung = 360 Fuss zu setzen, was mit der Praxis mehr übereinstimmt, als die Angabe Redtenbacher's[3]), welcher für eiserne Cylindergebläse nur 170 bis 230 Fuss angiebt, obwohl diese letztere Geschwindigkeit theoretisch wohl gerechtfertigt und daher beachtenswerth erscheint.

Die folgenden Tabellen geben einige praktische Beispiele:

---

[1]) Op. cit. 62. — [2]) Op. cit. S. 55. — [3]) Op. cit.

Gebläse[1]).	Art.	Durchmesser. Zoll	Hubhöhe. Zoll	Verhältniss des Durchmessers zur Hubhöhe.
Weddingmaschine in Königshütte	steh., indir.	86	94	100 : 109
Redenmaschine in Königshütte	desgl.	75	108	100 : 144
Laurahütte	desgl.	82	108	100 : 132
Biskupitz	steh., dir.	96	96	100 : 100
Shelton	steh., indir.	97	105	100 : 108
Braunschweig (Röhrig)	lieg., dir.	96	72	100 : 75
Linthorp bei Middlesboro'	steh., dir.	66	48	100 : 73
Barrow	desgl.	68	84	100 : 123
desgl.	desgl.	68	96	100 : 141
Gartsherrie	steh., indir.	75	84	100 : 112
desgl.	desgl.	90	84	100 : 93
Elswick bei Newcastle	desgl.	90	84	100 : 93
Workington	desgl.	84	96	100 : 114
desgl.	desgl.	104	108	100 : 104
Middlesboro'	desgl.	96	96	100 : 100
desgl.	desgl.	84	84	100 : 100
Dowlais	desgl.	132	96	100 : 73
Oberhausen	desgl.	80	96	100 : 120

Da die Geschwindigkeit des Kolbens in Fussen pr. Minute v gleich der Hubhöhe L mal der Zahl der Hübe N ist, so findet man auch das Volumen Luft Q, welches pr. Minute eingesaugt wird, aus diesen beiden Grössen multiplicirt mit der Zahl der Cylinder n und dem Cylinderquerschnitt A, z. B.:

Gebläse.	Wechselzahl pro Minute $\frac{N}{2}$.	Kolbengeschwindigkeit $v (= LN)$. Fuss pr. Minute	Cylinderquerschnitt A. □Fuss	Zahl der Cylinder n.	Eingesogenes Luftvolum pr. Minute $v.A.n.$ Cubikfuss
Linthorp bei Middlesboro'	42	336	23,75	3	23940
Barrow	16	224	25,22	4	22596
desgl.	16	256	25,22	4	25825
Gartsherrie	16	224	30,68	1	6872
desgl.	22	308	44,18	1	13607
Elswick bei Newcastle . .	10	140	44,18	2	12370
Workington	20	320	38,48	1	12314
desgl.	17	306	58,59	1	18051
Middlesboro'	19	304	50,26	2	30560
desgl.	20	280	38,48	3	32323
desgl.	18	288	95,03	1	27369
Oberhausen	18	288	34,90	3	30154

[1]) Verhandlungen des Gewerbevereins in Preussen 1867. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen in Preussen 1866. 4. Lief.; Redtenb. Resultate; Mittheilungen von Dürre.

Nach Dressler[1]) ergeben sich mit Zugrundelegung einer grossen Zahl englischer Maschinen folgende Verhältnisse zwischen Kolbenhub und Kolbengeschwindigkeit:

Kolbenhub.	Wirkliche	Zweckmässige	Wirkliche	Zweckmässige
	Zahl der Wechsel pr. Minute.		Geschwindigkeit.	
Fuss			Fuss	Fuss
4	42	22	336	176
5	22 — 54	$18^1/_2$	220 — 540	185
6	16	$16^1/_4$	192	195
7	10 — 22	$14^1/_2$	140 — 308	203
8	12 — 20	$13^1/_2$	192 — 320	216
9	17	$12^1/_2$	306	225
10	10 — 16	$11^1/_2$	200 — 320	230
11	—	11	—	242
12	15	$10^1/_2$	360	252

Die grossen Kolbengeschwindigkeiten englischer Maschinen sind meist eine Folge der gesteigerten Ansprüche an die Roheisenproduction, welche eine stärkere Ausnutzung der Maschinen bedingen, als dem Maasse entspricht, für welches diese ursprünglich construirt waren.

Die Wirkung der Gebläsemaschine besteht zuerst in einem Zusammenpressen der eingesogenen Luft zu dem Grade, welcher der Dichtigkeit des in der Windleitung oder dem Regulator vorhandenen Windes entspricht, sodann in einem Ausblasen der comprimirten Luft in die letzteren Vorrichtungen. Beträgt die Pressung des Windes in der Windleitung p Pfund pr. Quadratfuss über den Druck der Atmosphäre, so ist, wenn $P =$ dem Druck der Atmosphäre, der Gesammtdruck $P_1 = P + p$. Das Volumen dieser comprimirten Luft wird nach dem Mariotte'schen Gesetze, welches für niedrige Pressungen hinreichende Gültigkeit hat, sein

$$Q_1 = Q \frac{P}{P_1}.$$

Dies theoretisch berechnete Volumen erleidet aus vielen Gründen, namentlich aber wegen der Unvollkommenheit aller Ventile, in der Praxis wesentliche Einbusse. Man hat daher $Q \frac{P}{P_1}$ noch mit einem Erfahrungscoëfficienten (der das Verhältniss der ausgeblasenen zu der durch Rechnung bestimmten angesogenen Luftmenge bezeichnet und Windeffect genannt wird) zu multipliciren, so dass, wenn wir ihn mit φ bezeichnen,

$$Q_2 = \varphi \, Q \frac{P}{P_1}.$$

[1]) Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen, loc. cit.

Diese Grösse φ richtet sich nach der Construction, der mehr oder weniger guten Ausführung und sorgfältigen Unterhaltung der Gebläse und beträgt in den günstigsten Fällen über 0,9 [1]), im Durchschnitt indessen nur 0,7.

Ueber die Pressung p soll später noch Ausführlicheres mitgetheilt und hier nur bemerkt werden, dass man, um kleinere Zahlen zu erhalten, den Ueberdruck meist durch Pfund pr. □ Zoll ausdrückt, diese Pfundzahl also, um p, den Ueberdruck pr. □ Fuss, zu finden, mit 144 zu multipliciren hat. Der Druck der Atmosphäre beträgt circa 14 preuss. Pfund [2]) pr. preuss. □ Zoll, 2031 Pfund pr. □ Fuss.

Der Ueberdruck beträgt bei Holzkohlenöfen . . . ¾ bis 2 Pfd. pr. □ Zoll
" " " " Kokshochöfen . . . . 1 " 3 " " "
" " " " Anthracitöfen . . . . 2½ " 4 " " "

Die folgende Tabelle giebt das Anhalten bei praktischen Berechnungen:

Ueberdruck p pr. □ Zoll Pfund	Ueberdruck p pr. □ Fuss Pfund	Daher der Gesammtdruck $P_1 = (P + p)$ Pfund	$\frac{P}{P_1} =$
½	72	2103	0,966
¾	108	2139	0,949
1	144	2175	0,934
1¼	180	2211	0,919
1½	216	2247	0,904
1¾	252	2283	0,889
2	288	2319	0,876
2¼	324	2355	0,862
2½	360	2391	0,849
2¾	396	2427	0,837
3	432	2463	0,825
3¼	468	2499	0,813
3½	504	2535	0,801
3¾	540	2571	0,790
4	576	2607	0,779
4¼	612	2643	0,768
4½	648	2679	0,758
4¾	684	2715	0,748
5	720	2751	0,738

[1]) Hauer, op. cit. S. 55. — [2]) Genauer:
14,103 Pfund pr. □Zoll = 2030,8 Pfund pr. □Fuss preuss.
14,66 " " " = 2011,2 " " " engl.
1,0308 Kilogrm. pr. □Centim. = 10308 Kilogrm. pr. □Meter.

Beispiel. Bei dem Gebläse zu Shelton ist der Gebläsecylinder 97 Zoll im Durchmesser, hat $8^3/_4$ Fuss Hub und macht 32 Einzelhübe oder 16 Wechsel pr. Minute; daher ist

$$A = 51{,}3 \ \square\text{Fuss},$$
$$L = 8{,}75 \text{ Fuss}$$
$$N = 32$$

und
$$NAL = 14{,}364 \text{ Cubikfuss},$$

da zwei Gebläsecylinder vorhanden sind, das eingesogene Luftvolumen pr. Minute 2 . 14,364 = 28,728 Cubikfuss. Die Luft wird zu einer Pressung von 3 Pfund pr. Quadratzoll verdichtet, also ist

$$P = 2031$$
$$p = 432$$
$$P_1 = P + p = 2463,$$

und das pr. Minute gelieferte Windquantum:

$$Q_1 = Q\,\frac{P}{P_1} = 28{,}728 \,.\, 0{,}825 = 23{,}700 \text{ pr. Cubikfuss},$$

oder mit Berücksichtigung des Coëfficienten $\varphi = 0{,}7$:

$$Q_2 = \varphi\, Q\,\frac{P}{P_1} = 0{,}7 \,.\, 23{,}700 = 16{,}590 \text{ pr. Cubikfuss}.$$

b. Regulatoren und Röhrenleitungen.

Aus dem Gebläse geht der Wind in die Röhrenleitung, welche ihn zu den Winderhitzungsapparaten oder zu den Ofenformen leitet. Ist die Röhrenleitung weit und lang, so compensirt sich die Ungleichmässigkeit des aus dem Gebläsecylinder ausströmenden Windes, welche an sich schon durch Zusammenarbeiten mehrerer Gebläsecylinder vermindert wird, hinreichend; ist dies nicht der Fall, so muss man die Unregelmässigkeit des Druckes durch eingeschaltete Regulatoren ausgleichen.

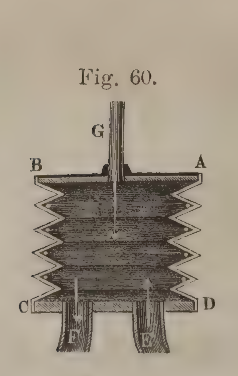
Diese Unregelmässigkeit wird theils dadurch veranlasst, dass alle Kolbengebläse intermittirend wirken, da ihre Wirksamkeit im Moment des Hubwechsels unterbrochen wird, theils darin, dass die Ventile sich immer nur in Folge eines Ueberdruckes der Luft, folglich nicht eher öffnen, bis der Gebläsekolben schon einen Theil des Weges zurückgelegt hat.

Regulatoren (*Receiver, regulator of blast*).

Man hat Regulatoren, welche einen veränderlichen Inhalt haben, und solche, deren Inhalt unveränderlich ist. Man unterscheidet bei denjenigen mit veränderlichem Inhalte Trocken- und Wasser-Regulatoren. Erstere bestehen entweder in sogenannten Leder- oder Balgregulatoren, d. h. mit Gewichten beschwerten Bälgen, welche bei Kastengebläsen öfters Anwendung finden, oder in Kolbenregulatoren, d. h. mit Gewichten belasteten, in Holzkästen oder Cylindern luftdicht geliderten Kolben, welche von dem Windstrome getragen werden. Sowohl

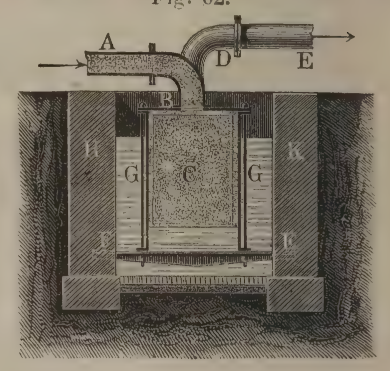
die Balgregulatoren als die Kolbenregulatoren geben zu vielen Windverlusten Veranlassung und bedürfen häufiger Reparaturen. Bei den

Fig. 60.



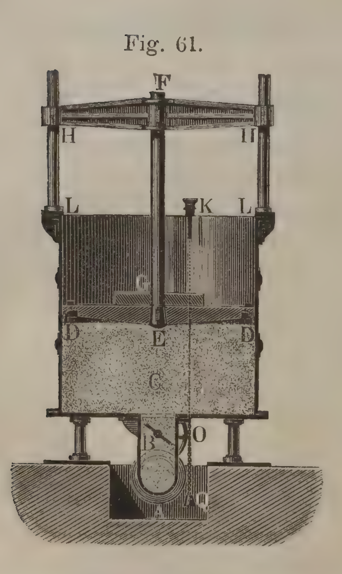
Balgregulator.

Fig. 62.



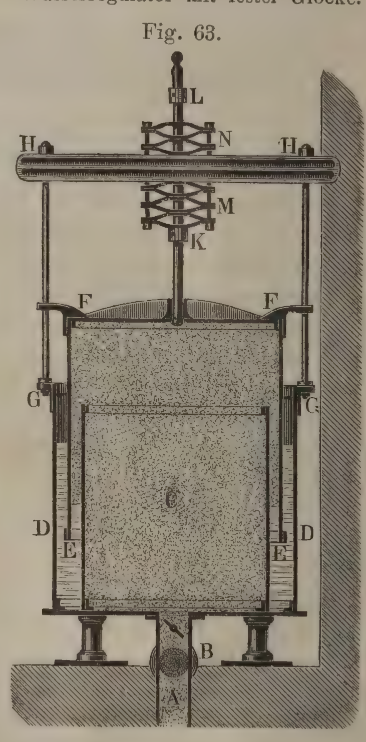
Wasserregulator mit fester Glocke.

Fig. 61.



Kolbenregulator.

Fig. 63.



Wasserregulator mit schwimmender Glocke.

Wasserregulatoren wird die Pressung des Windes durch den Druck einer Wassersäule regulirt. Der Wind tritt hierbei entweder unter eine feststehende, oder unter eine mit Gewichten beschwerte schwimmende Glocke.

Während die Lederregulatoren in Folge des Materials leicht schadhaft und undicht werden, die Kolbenregulatoren eine schwer dicht zu erhaltende Liderung erfordern, sind die Wasserregulatoren leichter zu unterhalten.

Die erwähnten vier Arten von Regulatoren mit veränderlichem Inhalt sind durch die Figuren 60 bis 63 veranschaulicht.

Fig. 60 ist ein Balgregulator. Der Wind tritt durch E ein und durch F aus, das Gewicht G drückt die Platte AB der Pressung entsprechend mehr oder weniger herab.

Fig. 61 ist ein Kolbenregulator (*floating-piston-regulator*). Derselbe steht durch das Rohr AB mit der Windleitung in Verbindung und wird durch den geliderten Kolben DD abgeschlossen. Der Kolben ist durch Gewichte G belastet. Die Kolbenstange ist mit dem Querhaupte HH verbunden, welches die Leitstangen HL umfasst. Die Kette OK, an der ein kleines Gewicht Q hängt, steht mit der Drosselklappe B in Verbindung und schliesst dieselbe, wenn der Kolben zu hoch hinaufgeworfen wird, in welchem Falle er an den Stift K anstösst.

Fig. 62 stellt einen einfachen Wasserregulator mit feststehender Glocke dar. In dem gemauerten Kasten $HKEF$ ist der eiserne unten offene Kasten (die Glocke) C angebracht. Durch das Rohr AB tritt der Wind in denselben ein und durch DE wieder aus. Die je nach der Pressung des Windes veränderliche Wassersäule G, welche von unten auf den in C befindlichen Wind drückt, dient als Regulator.

Fig. 63 stellt einen Regulator mit schwimmender Glocke (*floating bell*) dar. Der Behälter C communicirt durch das Rohr B mit der Windleitung und steht in dem weiteren Behälter DD; die Glocke EF steht mit der offenen Seite nach unten in dem mit Wasser angefüllten Raume zwischen den beiden ersten Behältern und wird an den Stangen GH geleitet. Der Hub derselben nach oben und nach unten wird durch die Federn M und N begrenzt.

Da die Regulirung des Windstromes auf der wechselnden Bewegung der Balgwände (Fig. 60), des Kolbens (Fig. 61), der Wassersäule (Fig. 62) oder der Glocke (Fig. 63) beruht, und da zu dieser Bewegung eine bestimmte Kraft und Zeit verbraucht wird, so erlangt man bei grösseren Mengen, namentlich hoch gepresster Gebläseluft, nur dann eine hinreichende Gleichmässigkeit des Windstromes, wenn die Regulatoren sehr gross sind. Je beweglicher ein Regulator ist, desto kleiner kann er sein, und aus diesem Grunde ist der in Fig. 63 dargestellte der beim kleinsten Volumen vollkommenste.

Man nimmt den Fassungsraum der Balg- und Kolbenregulatoren zwar oft nur 1- bis $1^1/_2$fach so gross als den des Gebläsecylinders, sollte ihn indessen nicht unter 4- bis 5mal so gross construiren. Bei Wasserregulatoren mit beweglicher Glocke wendet man 1- bis 3faches, bei Wasserregulatoren mit feststehender Glocke 10- bis 20faches Volumen des Gebläsecylinders an.

Aus den angeführten Gründen kommen alle Regulatoren mit veränderlichem Volumen nur bei verhältnissmässig kleinen Windmengen, namentlich bei kleinen Holzkohlenhochöfen zur Anwendung.

Bei grösseren Windmengen und höheren Pressungen benutzt man allgemein Regulatoren mit unveränderlichem Inhalte. Je grösser ihr Volumen im Verhältnisse zu dem Volumen des Gebläsecylinders ist, um so mehr wird sich in Folge der gleichmässigen Vertheilung des intermittirend einströmenden Windes in der im Regulator vorhandenen Windmenge die Ungleichförmigkeit der Pressung ausgleichen. Je nach Stärke der Windpressung, nach Länge und Weite der Leitungen und nach Anzahl der Gebläsecylinder giebt man dem Regulator das 10- bis 50fache Volumen des pr. Secunde in denselben gesendeten Windes, richtiger ist es indessen, mindestens das 60fache Volumen zu nehmen, wenn man nur einen Gebläsecylinder hat. Sind, nach Hauer, Windmenge, Pressung und Kolbengeschwindigkeit, sowie Verhältniss des Hubes zum Cylinderdurchmesser constant, so verhalten sich die nothwendigen Fassungsräume des Regulators für Gebläse mit einem, zwei und drei doppeltwirkenden Cylindern $= 1 : {}^1/_{14} : {}^1/_{59}$. Ist die Röhrentour, welche den Wind zum Ofen leitet, selbst hinreichend weit und lang, so bedarf es gar keines besonderen Regulators.

Um theoretisch die Grösse eines Regulators zu finden, bedient man sich, nach Weisbach, folgender Formeln, deren erste für den Fall gilt, dass man es mit einem doppeltwirkenden oder zwei einfachwirkenden Cylindern zu thun hat, während die zweite zwei doppeltwirkende voraussetzt:

$$W = 0{,}2105 \frac{b}{\delta h} C \quad \text{und}$$

$$W_1 = 0{,}0422 \frac{b}{\delta h} C,$$

worin W und W_1 der Inhalt des Regulators, C der des Gebläsecylinders, b der Barometerstand und h der Manometerstand in Zollen Quecksilbersäule, $\delta = \frac{z}{h}$, d. h. das Verhältniss der grössten Veränderung der Windpressung z zum mittleren Manometerstand h, der „Regulirungsgrad" ist. δ schwankt zwischen 0,04 bis 0,06 und beträgt durchschnittlich 0,05 [1]).

Man fertigt diese Regulatoren in Form von Kugeln oder Cylindern mit halbkugelförmigen Stirnflächen aus Kesselblech; selten mauert man sie. Die eisernen sind zwar der Zerstörung durch Rost ausgesetzt, aber auch leicht zu repariren, die gemauerten dagegen sehr schwer luftdicht herzustellen.

---

[1]) Weisbach III, 1065. Wenn der Druck ein sehr hoher ist, so genügen diese einfachen Formeln nicht, man würde ein zu hohes Resultat damit erlangen.

Röhrenleitung (*Blast-pipe, main-pipe*).

Mehr oder minder lange Röhrenleitungen führen den Wind, wie bereits erwähnt, aus dem Regulator in einen Winderhitzungsapparat, oder auch — wiewohl nur in seltenen Fällen — direct zum Ofen. Der Querschnitt dieser Röhrenleitungen soll $^1/_{20}$ von der Summe der Querschnitte sämmtlicher doppeltwirkender Cylinder oder $^1/_{10}$ von der Summe der Querschnitte sämmtlicher einfachwirkender Kasten betragen [1]). Für den zwischen Winderhitzungsapparat und Ofen liegenden Theil der Röhren möge hier erwähnt werden, dass der Querschnitt um $1 + 0{,}00367\,t$ (wobei t die Temperatur des erhitzten Windes) vergrössert werden muss. Man kann auch die Weite der Röhren von der gegebenen Geschwindigkeit des Windes abhängen lassen, giebt diese bei kurzen Windleitungen und grossen Windmengen zu 70 Fuss und bei geringen Pressungen und langen Windleitungen zu 35 Fuss pr. Secunde und erhält dann den Durchmesser der Röhrenleitung

$$d = 1{,}13 \sqrt{\frac{Q}{v_1}},$$

wobei Q das Quantum des vom Gebläse gelieferten Windes, v_1 die Geschwindigkeit des Windes in der Röhrenleitung in Fussen pr. Secunde bedeutet [2]).

Wendet man keine Regulatoren an, so genügen die so gefundenen Zahlen gewöhnlich nicht. Man hat dann die Durchmesser grösser zu nehmen. In England wählt man in solchen Fällen bei kürzeren Leitungen mindestens einen Durchmesser von $4^1/_2$ Fuss, bei längeren dagegen steigt man bis zu 6 Fuss und hat dann nur einen kaum merklichen Pressungsverlust.

Je enger die Röhrenleitung, um so grösser ist in Folge der Reibung der Verlust an Pressung.

Theoretisch findet man den Reibungsverlust aus der Geschwindigkeit des Windes, der Grösse der inneren Oberfläche der Röhren und dem specifischen Gewichte der Luft [3]). Ist die Oberfläche, welche man durch Multiplication des inneren Umfanges und der Länge der Röhrentour erhält, $= f$, die mittlere Geschwindigkeit der Luft in Fussen pr. Secunde $= v_1$, S das mittlere Gewicht eines Cubikfusses Luft in Pfunden, und a der mittlere Querschnitt der Röhrenleitung, so ist der Reibungsverlust

$$r' = \frac{f S v_1^2}{M a},$$

wobei M als Reibungscoëfficient zu 10,000 angenommen werden kann.

---

[1]) Rittinger, Erfahrungen, S. 365. — [2]) Weisbach III, S. 1026. — [3]) Percy, S. 391.

Hieraus ergiebt sich die Totalpressung der Luft am Ende der Röhrenleitung:

$$P_2 = P_1 - r' \quad \text{(vergl. S. 67)},$$

oder der Ueberdruck über den der Atmosphäre:

$$p'' = p - r'.$$

Die Röhrenleitungen bestehen aus genietetem Schmiedeisen oder aus Gusseisen. Die einzelnen Stücke werden durch Flanschen oder Muffen verbunden und gut gedichtet [1]). Man führt die Windleitung entweder unterhalb der Hüttensohle oder in mehr als Manneshöhe über derselben zum Ofen. Das Anbringen derselben unter der Erde erspart zwar Raum, ist aber nachtheilig hinsichtlich der Beaufsichtigung. Auf den Hüttenwerken legt man meistens zu wenig Werth auf eine gute Controle der Röhren und ihrer Verbindungen, weil man weder an die Kosten denkt, welche jeder vergeblich erzeugte Cubikfuss Wind verursacht, noch an den Nachtheil, den jeder zu wenig in den Ofen gelangende Cubikfuss Wind für die Production hat [2]).

c. Winderhitzung.

Der Wind geht, bevor er in den Hochofen tritt, in den meisten Fällen erst durch einen Erhitzungsapparat, in welchem er Wärme aus den Wandungen eiserner Röhren oder aus den feuerfesten Steinen von Kammern aufnimmt. Diese wärmeabgebenden Röhren oder Steine werden ihrerseits gewöhnlich durch das Verbrennen der Gichtgase, seltener durch eine besondere Feuerung oder die Gase von Verkokungsöfen erhitzt. Der Vortheil des erhitzten Windes (*hot-blast*) in Beziehung auf die Menge des erzeugten Eisens ist so anerkannt, dass man nur, wo man eine ganz besondere Qualität Eisen erhalten will, noch kalten Wind (*cold-blast*) anwendet.

Schon im Jahre 1799 hatte der Admiralitätsphysicus Seddler aufmerksam gemacht, dass durch Erhitzung des Sauerstoffgases bei Anwendung des Löthrohrs ein bedeutend höherer Hitzegrad erreicht werden könne, ohne dass man jedoch diesen Gegenstand mit Bezug auf die Technik weiter verfolgte [3]). 1822 machte Leuchs in seinem Handbuche für Fabrikanten [4]) den Vorschlag, die zu den Schmelzöfen verwendete Gebläseluft zu erwärmen; doch auch ihm wurde keine weitere Aufmerksamkeit zu Theil [5]).

Im Jahre 1828 wurde James Beaumont Neilson, dem Techniker der Gasanstalt zu Glasgow, ein Patent ertheilt auf „die verbesserte

---

[1]) Ueber Dichtungsmaterialien sehe man Kerl, Hüttenk. I, S. 654. — [2]) Es kosten z. B. in Gleiwitz (Oberschlesien) nach Mittheilungen des Herrn Hüttenmeisters Wiebmer daselbst 1000 Cubikfuss Wind bis zu den Erhitzungsapparaten 1,094 Pfennige (siehe Capitel über die Kosten des Windes). — [3]) Nicholson's Journal of physic. sciences. Vol. 2. — [4]) Bd. 8, S. 388. — [5]) Scheerer, Metall. I, S. 476.

Anwendung von Luft, um Hitze in Feuern, Heerden und Oefen zu erzeugen, bei denen Bälge oder andere Gebläse erforderlich sind" [1]), dessen Inhalt bei der Wichtigkeit, welche seither dieser Gegenstand gewonnen hat, werth ist, hier ganz mitgetheilt zu werden:

„Der Wind oder Luftstrom muss durch Bälge oder andere Gebläse auf gewöhnliche Weise erzeugt werden, und darauf soll sich das Patent nicht beziehen. Der Windstrom wird von den Gebläsen in ein Reservoir (*air-vessel* oder *receptacle*), welches hinreichend stark ist, um die Pressung zu ertragen, und von dort mit Hülfe einer Röhre, Düse oder Oeffnung in das Feuer, den Heerd oder Ofen geleitet. Das Reservoir muss bis auf die Oeffnungen für Ein- und Auslass des Windes ganz oder doch beinahe luftdicht sein und wird während der Wirkung des Gebläses künstlich zu einer beträchtlichen Temperatur erhitzt. Es ist besser, dass die Temperatur beinahe oder ganz Rothgluth erreiche; indessen ist eine so hohe Temperatur nicht absolut nothwendig für einen guten Effect. Das Reservoir kann zweckmässig aus Eisen angefertigt werden, indessen hängt nichts von der Art des Materials ab, man kann auch andere Metalle oder sonstige Stoffe benutzen. Die Grösse des Reservoirs hängt ab von der Menge des erforderlichen Windes und der Temperatur, welche erreicht werden soll. Während für ein gewöhnliches Schmiedefeuer ein Reservoir von 1200 Cubikzoll genügt, sind 10,000 Cubikzoll eine passende Grösse für einen Cupolofen gewöhnlichen Umfanges zur Eisengiesserei. Für Feuer, Heerde und Oefen grösserer Art, wie Hochöfen für Eisenerzeugung, grosse Eisenschmelz-Cupolöfen müssen verhältnissmässig grössere und zahlreichere Reservoirs angewendet werden. Die Form des Reservoirs ist gleichgültig für die Wirksamkeit und kann sich nach localen Umständen richten. Im Allgemeinen muss das Reservoir von einer Feuerung erhitzt werden, welche unabhängig von der durch den Luftstrom gespeisten Feuerung ist [2]); auch ist es im Allgemeinen besser, dass das Reservoir mit seiner Feuerung in Mauerwerk eingeschlossen sei, durch welches die Windleitungsröhren gehen. Uebrigens aber ist die Art der Erhitzung des Reservoirs unwesentlich für den Effect, wenn nur die richtige Temperatur erreicht wird."

Wahrscheinlich hatte der Patentinhaber wenigstens zuerst keine richtige Idee von dem Werthe seiner Erfindung und dem grossen Einflusse, den sie auf das Eisenhüttenwesen zu äussern bestimmt war. Die besondere Erwähnung der Schmiedefeuer und Cupolöfen lässt darauf schliessen, dass er seine Erfindung anwendbarer für die kleinen metallurgischen Operationen, als für die grossen Hochöfen hielt. Indessen wurden die Vortheile des heissen Windes in Bezug auf Brennmaterialersparniss so bald von den schottischen Eisenhüttenleuten erkannt, dass er schon

---

[1]) A. D. 1828. Nro. 5701, vom 3. März. — [2]) Ein noch heutigen Tages streitiger Punkt. Gewöhnlich werden indessen die Gase, welche aus der Verbrennung durch den erhitzten Luftstrom entstehen, zur Erhitzung des Windes benutzt.

1835 auf allen Hütten bis auf eine eingeführt und auch auf dieser einen der Apparat bereits im Bau begriffen war.

1832 gaben Neilson und Andere, mit denen er sich vereinigt hatte, den wohlbekannten Eisenhüttenbesitzern Baird auf Garthsherry die Erlaubniss zur Einführung des Patentes gegen 1 Schilling per ton ($^1/_2$ Sgr. pr. Centner) producirten Roheisens. Aber später verweigerten diese Herren die Bezahlung, worauf Neilson gegen sie auf 20,000 Pfd. Strl. klagte, deren eine Hälfte als Nutzen (*profits*), deren andere Hälfte als Schadenersatz (*other damages*) verlangt wurde. Als Grund der Nichtzahlung führte man namentlich die ungenügende Beschreibung der Einrichtung an und den Mangel derselben an Neuheit. In letzterer Beziehung berief man sich auf ein Patent von Robert Stirling aus dem Jahre 1816. Der Process[1]) kam in Edinburgh 1843 zum Austrag und das Verhör dauerte vom 10. bis 20. Mai. Der Erfolg war die Verurtheilung der Angeklagten zu 4367 Pf. St. 16 sh. an Nutzen und 7000 Pf. St. an Entschädigung. Der Process hat dadurch ein technisches Interesse gewonnen, dass zahlreiche Ansichten von Praktikern für und gegen die Anwendung des heissen Windes zu Tage kamen. Gegen dieselbe war namentlich James Palmer Budd zu Ystalyfera-Eisenhütte in Süd-Wales, welcher erklärte: „Ich finde, dass der kalte Wind am ökonomischsten ist; er erzeugt mehr Eisen bei weniger Aufwand an Lohn und Material.“ Dennoch hat Budd später selbst den heissen Wind auf seinen Werken eingeführt. Die Angeklagten gestanden zu, dass sie in zehn Jahren 260,000 Pf. St. Reingewinn durch das bei heissem Winde erblasene Roheisen (*hot-blast iron*) gemacht hätten und in einem Jahre (1840) sogar 54,000 Pf. St. Man sollte hiernach wohl glauben, dass sie am wenigsten ihren Wohlthäter Neilson seines Rechtes hätten berauben dürfen, aber das Sprichwort: Wer viel hat, will immer mehr haben, bewahrheitete sich auch hier. Der verstorbene bekannte Mushet war auch als Sachverständiger berufen worden und erklärte, dass seiner Meinung nach die Erfindung des heissen Windes eine der wichtigsten Stützen für die Entwickelung des Nationalwohlstandes sei und mit Recht der Erfindung der mechanischen Baumwoll-Spinnmaschine von Arkwright an die Seite gestellt zu werden verdiene. In der That hat die Anwendung des heissen Gebläsewindes die Productionskosten des Eisens ermässigt und muss insofern als eine der wichtigsten Verbesserungen im Hüttenwesen hervorgehoben werden; aber es bleibt immer ein grosser Unterschied zwischen der Erfindung einer Ma-

---

[1]) Ein vollständiger Bericht dieses merkwürdigen Processes wurde in Edinburgh gedruckt unter dem Titel: „Report on the Trial before the Lord President of the Court of Session and a Special Jury, of the issues in the conjoined actions of Suspension and Interdict, and Count, Reckoning, Payment, and Damages, at the instance of James Beaumont Neilson, of Glasgow, Engineer, and others against William Baird and Company, on the Garthsherry Iron-Works, for infringement of the Hot-Blast patent; commencing on 10th, and ending on 20th May 1843. Edinburgh: printed by Thomas Allan and Co., 265, High Street, 1843.“ 4to. pp. 331.

schine als Resultat vielen Nachdenkens, wohlweislichen Abwägens aller Verhältnisse, zweckmässiger Combination zahlreicher Theile, und der blossen erstmaligen Anwendung eines Körpers in einem besonderen Zustande. Die letztere ist mehr das Ergebniss eines genialen Gedankens, als eine Erfindung zu nennen. Die bereits angeführte Ansicht des Hüttenbesitzers Budd war eine sehr allgemein verbreitete. „Sie war," führt Marten [1]) an, „das Resultat lange fortgesetzter Beobachtungen, welche zeigten, dass die Production eines Hochofens immer im Winter gegen den Sommer zunahm; die Temperaturdifferenz lag als Grund am nächsten und wurde ohne weitere Untersuchung als alleinige Ursache jener Productionsunterschiede angesehen. Spätere Forschungen haben bewiesen, dass der blosse Temperaturwechsel der Atmosphäre vom Frost zur Sommerwärme keinen Einfluss oder nur einen umgekehrten auf jenes Resultat ausübte, sondern dass die wahre auch bei stark erhitztem Winde noch wirksame Ursache in der Feuchtigkeit gesucht werden muss, welche als unsichtbarer Dampf bei warmem Wetter reichlicher in der Luft enthalten ist, als bei kaltem. Indessen war jenes Vorurtheil so tief gewurzelt, dass die grössten Anstrengungen gemacht wurden, im Sommer einen möglichst kalten Gebläsestrom zu erhalten; ja man liess ihn zu diesem Zwecke über kaltes Wasser streichen und erreichte dadurch nicht nur nicht den vorgesetzten Zweck, sondern das gerade Gegentheil."

Rücksichtlich des durch den Temperaturwechsel der atmosphärischen Luft herbeigeführten Einflusses auf den Gang des Ofens kommt doch noch ein Punkt in Betracht, welchen Marten übersehen zu haben scheint, nämlich dass bei warmer Luft die Gebläsemaschine bei gleich schnellem Gange ein geringeres Gewicht, also weniger Sauerstoff aufsaugt und in Folge dessen auch die Production im Ofen sinken muss. Beachteten dies die Hüttenleute nicht, und sorgten sie nicht dafür, dass die Maschine im Sommer schneller ging, so kann leicht hierin der wesentlichste Grund jener Erscheinung gelegen haben.

Einfluss der Temperaturschwankungen in der Atmosphäre und des Wasserdampfes.

Obwohl heutigen Tages Niemand mehr am Einflusse des heissen Windes in Bezug auf Brennmaterialersparniss und Productionsvermehrung im Hochofen zweifelt, so wird es doch nöthig sein, alle Momente abzuwägen, um die richtigen Gründe dieser Thatsachen zu finden. Wir wenden uns daher zuerst zu der näheren Erörterung des scheinbar widersinnigen Einflusses der gewöhnlichen Temperaturschwankungen in der Atmosphäre.

---

[1]) On the Construction of Hot-Blast Ovens for Iron Furnaces. By Mr. Henry Marten, of Wolverhampton. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. May 4th., 1859, p. 62.

Bei dieser Gelegenheit wird es von Interesse sein, den Wassergehalt der Luft näher kennen zu lernen. Im Durchschnitt hat die Luft 0,8 Volumprocente Wasserdampf, aber der Wassergehalt variirt sehr nach Jahreszeit, Tageszeit, geographischer Lage und Höhe. Der absolute Wassergehalt nimmt in unseren Gegenden vom Januar, wo er ein Minimum ist, bis zum Juli zu, wo er das Maximum erreicht, und dann wieder ab, wie sich aus folgender für Halle aufgestellten Tabelle [1]) ergiebt.

Monat.	Spannkraft des Wasserdampfes in Millimetern.
Januar	4,509
Februar	4,749
März	5,107
April	6,247
Mai	7,836
Juni	10,843
Juli	11,626
August	10,701
September	9,560
October	7,868
November	5,644
December	5,599

Ein ähnliches Verhältniss zeigt sich an den einzelnen Tagesstunden. Zwischen 1 bis 2 Uhr Nachts ist die Tension (also auch die absolute Menge) des Wasserdampfes am kleinsten, sie wächst bis Mittag und erreicht um 2 Uhr ihr Maximum, um dann wieder abzunehmen.

Ferner ist in heissen Klimaten die absolute Menge des Wasserdampfes grösser und ebenso an Küstenorten, welche den herrschenden Seewinden ausgesetzt sind. Ist die Luft mit Wasserdampf gesättigt, so enthält [2]) 1 Cubikmeter Luft bei

— 20° C.	1,5	Gramm	Wasserdampf
— 15° C.	2,1	„	„
— 10° C.	2,9	„	„
— 5° C.	4,0	„	„
± 0° C.	5,4	„	„
+ 1° C.	5,7	„	„
+ 2° C.	6,1	„	„
+ 3° C.	6,5	„	„
+ 4° C.	6,9	„	„
+ 5° C.	7,3	„	„

[1]) Müller, kosmische Physik, 1856. S. 403. — [2]) Loc. cit.

+ 6⁰ C.	7,7	Gramm Wasserdampf
+ 7⁰ C.	8,2	„ „
+ 8⁰ C.	8,7	„ „
+ 9⁰ C.	9,2	„ „
+ 10⁰ C.	9,7	„ „
+ 11⁰ C.	10,3	„ „
+ 12⁰ C.	10,9	„ „
+ 13⁰ C.	11,6	„ „
+ 14⁰ C.	12,2	„ „
+ 15⁰ C.	13,0	„ „
+ 16⁰ C.	13,7	„ „
+ 17⁰ C.	14,5	„ „
+ 18⁰ C.	15,3	„ „
+ 19⁰ C.	16,2	„ „
+ 20⁰ C.	17,1	„ „
+ 21⁰ C.	18,1	„ „
+ 22⁰ C.	19,1	„ „
+ 23⁰ C.	20,2	„ „
+ 24⁰ C.	21,3	„ „
+ 25⁰ C.	22,5	„ „
+ 26⁰ C.	23,8	„ „
+ 27⁰ C.	25,1	„ „
+ 28⁰ C.	26,4	„ „
+ 29⁰ C.	27,9	„ „
+ 30⁰ C.	29,4	„ „

Da nun von der für die mittlere Lufttemperatur möglichen absoluten Feuchtigkeitsmenge die Luft enthält im

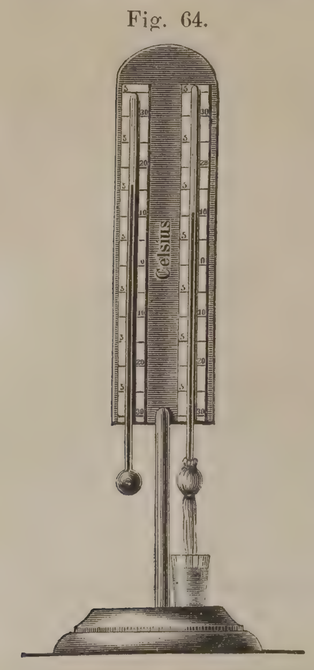
Januar	85,0	Procent
Februar	79,9	„
März	76,4	„
April	71,4	„
Mai	69,1	„
Juni	69,7	„
Juli	66,5	„
August	61,0	„
September	72,8	„
October	78,9	„
November	85,3	„
December	86,2	„

so lässt sich aus diesen beiden Tabellen leicht die durchschnittliche Gewichtsmenge Wasserdampf ermitteln, welche dem Ofen zugeführt wird. Man kann z. B. im Februar bei 5⁰ Kälte auf $\frac{4 . 79,9}{100} = 3,2$ Gramm Wasserdampf im Cubikmeter Luft rechnen.

Zur Ermittelung des jedesmaligen Feuchtigkeitsgehaltes der Luft bedient man sich des für die Praxis hinreichend genauen August'schen Psychrometers, Fig. 64 (a. f. S.). Es besteht aus zwei an einem Gestelle befestigten Thermometern; die Kugel des einen ist mit einem Leinwandläppchen umgeben, welches in ein untergestelltes Gefäss mit

Wasser herabhängt, so dass diese Thermometerkugel stets befeuchtet ist [1]). In Folge der Verdunstung des Wassers sinkt das umwickelte Thermometer und zwar um so mehr, je weniger die Atmosphäre mit Wasser gesättigt ist. Je weiter daher die Luft vom Sättigungspunkte entfernt ist, um so grösser wird die Differenz im Stande beider Thermometer werden. Bezeichnet man die Temperaturdifferenz mit d, so kann man das von einem Cubikmeter der an der nassen Kugel vorbeistreichenden Luft aufgenommene Quantum Wasserdampf, da dasselbe zu dieser Temperaturdifferenz in einem bestimmten Verhältnisse steht, durch cd ausdrücken. Der Factor c ist durch Versuche $= 0,65$ gefunden worden. Bezeichnet man ferner mit M das Maximum des Wasserdampfes, welchen ein Cubikmeter Luft bei der Temperatur des nassen Thermometers enthalten kann, so ist dies M gleich der ursprünglichen Feuchtigkeitsmenge der Luft X und der aufgenommenen Feuchtigkeit cd, also $M = X + cd$ oder $X = M - cd$. Da M, d. h. das Maximum von Wasserdampf, welches die Luft bei einem Temperaturgrade aufnehmen kann, gleichfalls durch Versuche bekannt ist, so ergiebt sich auch X. Man hat Tabellen angefertigt, auf welchen man nach Maassgabe der am Psychrometer beobachteten Temperaturdifferenz ohne Weiteres die Gewichtsmenge des Wasserdampfes in der Luft ablesen kann. So erfährt man aus der auf folgender Seite befindlichen Tabelle, wie viel Gramm Wasserdampf in einem Cubikmeter Luft enthalten sind, wenn man die am trockenen Thermometer beobachtete Lufttemperatur an der linken Seite, die Differenz beider Thermometer aber am Kopfe der Tabelle abliest und die entsprechende Horizontal- und Verticalcolumne bis zu ihrem Kreuzungspunkte verfolgt.

Fig. 64.



Psychrometer. 1/4 nat. Grösse.

Z. B. bei 15° des trocknen, 12° des befeuchteten Thermometers, also bei 3° Differenz sind in 1 Cubikmeter Luft 9 Gramm Wasserdampf enthalten.

Nun erhält ein grosser Koksofen im Durchschnitt pr. Minute 6000 Cubikfuss, im Maximum 9000 Cubikfuss Wind von atmosphärischer Dichtigkeit, d. h. circa 180 resp. 280 Cubikmeter.

Bei der mittleren Wärme von 7° enthält 1 Cubikmeter gesättigter Luft 8,2 Gramm Wasserdampf, mit Rücksicht auf die mittlere Sättigung

[1]) Loco cit. S. 396.

Temperatur der Luft in Graden nach Celsius.	Differenz des trockenen u. befeuchteten Thermometers												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
— 20	1,5	0,8	0,1										
— 19	1,6	0,9	0,2										
— 18	1,8	1,0	0,3										
— 17	1,9	1,1	0,4										
— 16	2,0	1,2	0,5										
— 15	2,1	1,4	0,6										
— 14	2,3	1,5	0,8										
— 13	2,4	1,6	0,9	0,1									
— 12	2,6	1,8	1,0	0,3									
— 11	2,7	2,0	1,2	0,4									
— 10	2,9	2,1	1,3	0,6									
— 9	3,1	2,3	1,5	0,7									
— 8	3,3	2,5	1,7	0,9	0,1								
— 7	3,5	2,7	1,9	1,1	0,3								
— 6	3,7	2,9	2,1	1,3	0,5								
— 5	4,0	3,1	2,3	1,5	0,7								
— 4	4,2	3,4	2,5	1,7	0,9	0,1							
— 3	4,5	3,6	2,8	1,9	1,1	0,3							
— 2	4,8	3,9	3,0	2,2	1,4	0,5							
— 1	5,1	4,2	3,3	2,4	1,6	0,8							
— 0	5,4	4,5	3,6	2,7	1,9	1,0	0,2						
+ 1	5,7	4,7	3,8	2,9	2,1	1,2	0,4						
+ 2	6,1	5,1	4,1	3,2	2,3	1,4	0,5						
+ 3	6,5	5,4	4,4	3,4	2,5	1,6	0,7						
+ 4	6,9	5,8	4,8	3,7	2,7	1,8	1,0						
+ 5	7,3	6,2	5,1	4,1	3,1	2,1	1,2	0,3					
+ 6	7,7	6,6	5,5	4,5	3,4	2,4	1,4	0,5					
+ 7	8,2	7,0	5,9	4,9	3,8	2,8	1,8	0,8					
+ 8	8,7	7,5	6,4	5,3	4,2	3,2	2,1	1,1	0,2				
+ 9	9,2	8,0	6,9	5,7	4,6	3,6	2,5	1,5	0,5				
+ 10	9,7	8,5	7,3	6,2	5,1	4,0	2,9	1,9	0,9				
+ 11	10,3	9,1	7,9	6,7	5,6	4,4	3,3	2,3	1,2	0,2			
+ 12	10,9	9,7	8,4	7,2	6,0	4,9	3,8	2,7	1,7	0,6			
+ 13	11,6	10,3	9,0	7,8	6,6	5,4	4,3	3,1	2,1	1,0			
+ 14	12,2	10,9	9,6	8,3	7,1	5,9	4,8	3,6	2,5	1,4	0,4		
+ 15	13,0	11,6	10,3	9,0	7,7	6,5	5,3	4,1	3,0	1,9	0,8		
+ 16	13,7	12,3	10,9	9,6	8,3	7,0	5,8	4,6	3,5	2,4	1,3	0,2	
+ 17	14,5	13,1	11,6	10,3	9,0	7,7	6,4	5,2	4,0	2,9	1,7	0,7	
+ 18	15,3	13,8	12,4	11,0	9,6	8,3	7,0	5,8	4,6	3,4	2,2	1,1	
+ 19	16,2	14,7	13,2	11,7	10,3	9,0	7,7	6,4	5,1	3,9	2,8	1,6	
+ 20	17,1	15,5	14,0	12,5	11,1	9,7	8,3	7,0	5,8	4,5	3,3	2,2	
+ 21	18,1	16,5	14,9	13,4	11,9	10,5	9,1	7,7	6,4	5,1	3,9	2,7	
+ 22	19,1	17,4	15,8	14,2	12,7	11,2	9,8	8,4	7,1	5,8	4,5	3,3	
+ 23	20,2	18,5	16,8	15,2	13,6	12,1	10,6	9,2	7,8	6,4	5,2	3,9	2,5
+ 24	21,3	19,5	17,8	16,1	14,5	12,9	11,4	10,0	8,5	7,2	5,8	4,5	3,1
+ 25	22,5	20,6	18,9	17,1	15,5	13,8	12,3	10,8	9,3	7,9	6,5	5,2	3,9
+ 26	23,8	21,8	20,0	18,2	16,5	14,8	13,2	11,6	10,1	8,7	7,3	5.9	4,6
+ 27	25,1	23,1	21,2	19,3	17,5	15,8	14.2	12,6	11,0	9,5	8,1	6,7	5,3
+ 28	26,4	24,4	22,4	20,5	18,7	16,9	15,2	13,5	11,9	10,4	8,9	7,5	6,1
+ 29	27,9	25,8	23,7	21,7	19,8	18,0	16,3	14,6	12,9	11,3	9,8	8,3	6,8
+ 30	29,4	27,2	25,1	23,0	21,1	19,2	17,4	15,6	13,9	12,3	10,7	9,1	7,7
+ 31	31,0	28,7	26,5	24,4	22,4	20,4	18,5	16,7	15,0	13,3	11,6	10,1	8,5
+ 32	32,6	30,3	28.0	25,8	23,8	21,7	19,8	17,9	16,1	14,3	12,7	11,0	9,4
+ 33	34,4	31,9	29.6	27,3	25,2	23,1	21,1	19,1	17,3	15,4	13,7	12,0	10,4
+ 34	36,2	33,7	31,2	28,9	26,7	24,5	22,4	20,4	18,5	16,6	14,8	13,1	11,4
+ 35	38,1	35,5	33,0	30,6	28,2	26,0	23,8	21,8	19,8	17,8	16,0	14,2	12,5

von 75,2 Proc. 6,2 Grm., d. h. 180 Cubikmeter enthalten 1116 Grm. Als Maximum kann man 280 Cubikmeter 23° warmer, gesättigter Luft annehmen, welche mithin 280 $\times$ 20 Gramm = 5600 Gramm Wasserdampf enthalten. Dieser Gehalt ist scheinbar sehr bedeutend, hat aber nur geringen Einfluss auf die Temperatur im Ofen, denn das Wasser, mit denjenigen Ausnahmen, wo es mit der Luft in condensirtem Zustande als Regen oder Nebel in das Gebläse gelangt und wo zugleich der Wind nicht erhitzt wird, kommt in Form von Dampf in den Ofen, bedarf also nicht erst der zur Verwandlung des flüssigen in den gasförmigen Zustand nöthigen Wärmemenge. Von den Bestandtheilen der Luft ist allein der Sauerstoff bei der Verbrennung wirksam. Die atmosphärische Luft enthält 23 Gewichtstheile Sauerstoff und 77 Gewichtstheile Stickstoff, 1 Cubikmeter derselben wiegt bei 0° C. circa 1300 Gramm [1]), enthält also 1000 Gramm Stickstoff, welche auf die Verbrennungstemperatur erhitzt werden müssen, ohne wirksam zu sein. Bei 23° C. wiegt 1 Cubikmeter Luft = 1190 Gramm, enthält dann immer noch 916 Gramm Stickstoff und ungünstigen Falls nur 20 Gramm Wasserdampf, welcher, falls keine Zersetzung desselben stattfände, ebenso wie der Stickstoff mit zur Verbrennungstemperatur erhitzt werden müsste, ohne wirksam zu sein. Da aber eine Zersetzung des Wasserdampfes eintritt und der Sauerstoff selbst zur Verbrennung beiträgt, so ist sein nachtheiliger Einfluss auch geringer. Es soll nun untersucht werden, welchen Einfluss die Beimengung des Wasserdampfes auf die Temperatur im Hochofen ausüben kann. Zum Vergleiche wird es zweckmässig sein, auf möglichst einfache Verhältnisse zurückzugehen und zuerst anzunehmen, dass man als Brennmaterial einen reinen Kohlenstoff anwende und der Wasserdampf nicht zersetzt werde.

Der pyrometrische Wärmeeffect, d. h. die Temperatur, welche ein Brennmaterial entwickeln kann, lässt sich berechnen, wenn man den absoluten Heizeffect des Brennmaterials, d. h. die Wärmemenge, welche eine Gewichtseinheit desselben liefert, dividirt durch das Product aus dem Gewicht der erzeugten Verbrennungsproducte und deren specifischer Wärme [2]). Wenn nun in trockener atmosphärischer Luft c Gewichtseinheiten Kohlenstoff verbrannt werden, und es verbrennt der Kohlenstoff zu Kohlensäure, so werden auf jeden Gewichtstheil Kohlenstoff = c, an atmosphärischem Sauerstoff 2,67 c Gewichtstheile verbraucht und es bilden sich $c + 2{,}67\,c = 3{,}67\,c$ Gewichtstheile Kohlensäure. Zu den 2,67 c Gewichtstheilen Sauerstoff gehören in der atmosphärischen Luft $n = \frac{2{,}67 \, . \, 77}{23}$ = 8,9 Gewichtstheile Stickstoff. Die Verbrennungsproducte sind daher $3{,}67\,c + 8{,}9\,c$. Bezeichnet man mit p den absoluten Wärmeeffect des Kohlenstoffs, ausgedrückt in Wärmeeinheiten [3]) = 8080, mit c das Ge-

[1]) Nach Regnault wiegt 1 Cubikmeter trockner und kohlensäurefreier Luft 1,2932 Kilogramm. — [2]) Man vergleiche die Lehre von den Brennmaterialien im ersten Bande der Metallurgie. — [3]) D. h. Gewichtseinheiten Wasser, welche um 1° C. durch eine Gewichtseinheit Kohlenstoff erwärmt werden.

wicht des Kohlenstoffs in Grammen, mit k das Gewicht der erzeugten Kohlensäure, mit n den Stickstoff der verwendeten Luft, ferner mit s die specifische Wärme der Kohlensäure, mit s' die des Stickstoffs, so ist die Temperatur

$$T = \frac{pc}{ks + ns'}.$$

Setzt man die angegebenen Werthe ein, so findet man

$$T = \frac{8080\,c}{3{,}67\,cs + 8{,}9\,s'}.$$

Nun ist $s = 0{,}22$, $s' = 0{,}24$. Setzt man ferner $c = 1$, so ergiebt sich

$$T = \frac{8080}{3{,}67 \,.\, 0{,}22 + 8{,}9 \,.\, 0{,}24} = 2745^0 \text{ C.}$$

Enthält die Luft Feuchtigkeit in Dampfform, so tritt diese zu den Verbrennungsproducten in derselben Weise wie der Stickstoff hinzu. Bezeichnet man die Menge des Wasserdampfes mit w und dessen specifische Wärme mit s'', so wird aus der vorhergehenden Formel:

$$T' = \frac{pc}{ks + ns' + ws''}.$$

Die specifische Wärme des Wasserdampfes ist $= 0{,}47$. Setzt man nun den Maximalfeuchtigkeitsgehalt der Luft mit 1,5 Proc. Wasserdampf ein, nimmt daher die Zusammensetzung der Atmosphäre aus 22,7 Gewichtstheilen Sauerstoff, 75,8 Stickstoff und 1,5 Wasserdampf an, und setzt wiederum $c = 1$, so wird, da auf die zur Verbrennung verbrauchten 2,67 Gewichtstheile Sauerstoff 0,18 Gewichtstheile Wasserdampf kommen,

$$T' = \frac{8080}{3{,}67 \,.\, 0{,}22 + 8{,}9 \,.\, 0{,}24 + 0{,}18 \,.\, 0{,}47} = 2668^0 \text{ C.}$$

Die Temperaturdifferenz, welche durch die Anwendung trockener und nasser Luft erzeugt wird, ist daher $2745 - 2668 = 77^0$ C.

Man sieht leicht, dass in der Formel $T' = \dfrac{pc}{ks + ns' + ws''}$ nur w variabel ist.

Nun ist ohne grossen Fehler bei der geringen procentalen Menge des Wasserdampfes im Vergleich zum Stickstoff und Sauerstoff

$$w = \frac{2{,}67}{23} P = 0{,}116\, P$$

zu setzen, wenn P den Procentgehalt des Wassers in der Luft bezeichnet. P ist aber aus den Zahlen der Tabelle Seite 78 und 79 durch Division mit 13 zu finden, denn 1 Cubikmeter Luft wiegt circa 1300 Gramm. Nennen wir die Zahlen der Tabelle, welche das Gewicht des Wasserdampfes in 1 Cubikmeter Luft bei vollkommener Sättigung angeben, d, so ist

$$w = 0{,}116\, P = \frac{0{,}116\, d}{13} = 0{,}009\, d,$$

also der Temperaturgrad, um den sich die Wärme erniedrigt,

$$T'' = 2745 - \frac{8080}{3{,}67\,.\,0{,}22 + 8{,}9\,.\,0{,}24 + 0{,}009\,.\,0{,}47\,d}$$
$$= 2745 - \frac{8080}{2{,}94 + 0{,}00423\,d}.$$

Bei 23° Wärme und mit Wasserdampf gesättigter Luft ist nach obigen Tabellen z. B. $d = 20{,}2$, daher das Maximum der bei jeder Lufttemperatur gegen die Anwendung 0gradiger trockener Luft möglichen Temperaturverminderung im Ofen

$$T'' = 2745 - \frac{8080}{2{,}94 + 0{,}009\,.\,0{,}47\,.\,20{,}2} = 2745 - 2668 = 77^0,$$

wie oben bereits gefunden, wogegen die Differenz zwischen der mittleren Sättigungsstufe bei 7°, wo $d = 6{,}2$ Gramm wird (vergl. Seite 78) und dem Maximum in unseren Gegenden nur

$$2745 - 2724 = 21^0 \text{ C.}$$

beträgt, natürlich vorausgesetzt, dass die gleiche Menge Luft in beiden Fällen eingeblasen wird.

Vergleicht man diesen Effect mit dem bei dem gleichen Gange des Gebläses durch die verschiedenen Lufttemperaturen hervorgebrachten, so ergiebt sich Folgendes:

Der Ausdehnungscoefficient der Luft zwischen 0 und 100° C. ist bei constantem Druck = 0,3665, d. h. sie dehnt sich beim Erwärmen um 1° C. um 0,003665 ihres Volumens aus [1]).

Wenn bei der mittleren Temperatur von 7° 180 Cubikmeter Luft von dem Gebläse eingesogen und (von allen Verlusten abgesehen) an den Ofen abgegeben werden, so dehnen sich dieselben bei einer Temperatur von 23° zu $(23 - 7)\,.\,0{,}003665\,.\,180 + 180 = 190{,}54$ Cubikmeter aus, welche eben so viel Sauerstoff enthalten als jene 180 Cubikmeter. Da aber bei gleichem Gange des Gebläses auch wieder nur 180 Cubikmeter eingesogen werden, so gelangt im Verhältniss von 180 : 190,54 weniger Sauerstoff in den Ofen. 1 Cubikmeter Luft enthält bei 7° 289 Gramm Sauerstoff, 180 also 52,020 Gramm, während die 180 Cubikmeter bei 23° nur 49,142 Gramm Sauerstoff enthalten. Die Differenz zwischen dem Sauerstoffgehalt bei Mittel- und Maximaltemperatur beträgt also 2878 Gramm. Diese entsprechen einem Verbrand von $\frac{2878}{2{,}67} = 1078$ Gramm Kohlenstoff. Im ersten Falle nämlich genügt die Luft zur vollständigen Verbrennung von 19483, in anderen von 18405 Gramm Kohlenstoff zu Kohlensäure.

Setzen wir die erste Menge Kohlenstoff als Einheit, welche die oben berechnete Temperatur $T = 2745^0$ liefert, so erhalten wir für die Kohlenstoffmenge im zweiten Falle

---

1) Ueber die Aenderungen, welche das Gesetz bei höherem Druck erleidet, vergl. S. 88.

$$c = \frac{18405}{19483} = 0{,}945$$

unter der Annahme, dass die Temperaturen im umgekehrten Verhältnisse zu den Verbrennungszeiten stehen [1]),

$$T'''' = 2745 \,.\, 0{,}945 = 2594^0,$$

also die Differenz 151⁰.

Unter gleichen Verhältnissen war die Temperaturdifferenz in Folge der Feuchtigkeit zu 21⁰ C. gefunden worden. Es verhält sich also die Wirkung der beiden Ursachen im vorliegenden Falle wie 151 : 21 = 7,2 : 1.

Es sind beide Wirkungen unabhängig von einander betrachtet worden. Man darf indessen nicht ausser Acht lassen, dass gewöhnlich beide sich vereinigen, denn wenn man z. B. das Gebläse stets gleich schnell gehen lässt, so hat man im Sommer sowohl den Nachtheil einer geringeren Menge Sauerstoff in demselben Windquantum, als auch den eines absolut grösseren Wassergehaltes.

Praktische Mittheilungen über den Wassergehalt, welcher durch die Feuchtigkeit der Luft einem Ofen zugeführt wird, sind [2]) bezüglich der Hochöfen zu Königshütte durch Stentz, jetzt Director des königlichen Hüttenwerkes zu Gleiwitz, gegründet auf Beobachtungen von Eck in Königshütte und Professor Weiss in Krakau, gegeben worden. Hiernach wurden einem Hochofen, welcher stündlich 150,000 Cubikfuss Wind erhielt, pro Stunde 1,35 Cubikfuss Wasser im Durchschnitt eines Jahres zugeführt, ein Quantum, welches sich durch die Einwirkung der Wasserregulatoren auf 1,65, ja sogar 2,6 Cubikfuss vermehrte. Er fand folgende Verhältnisszahlen für die absolute Feuchtigkeit in den verschiedenen Monaten:

Januar, December, Februar . . .	=	5	:	5	:	6
November, März, April	=	6	:	7	:	8
October, Mai, Juni	=	8	:	10	:	11
September, August, Juli	=	11	:	12	:	13.

Da in diesem Aufsatze offenbar der Wassergehalt als Wasser in flüssiger Form angenommen ist, so würde man bei einer Berechnung der durch diesen Wassergehalt bewirkten Temperaturerniedrigung zu hohe Resultate erhalten; denn man müsste die latente Wärme des Wasserdampfes in Anschlag bringen.

Wenn 150,000 Cubikfuss Wind 1,35 Cubikfuss Wasser enthielten, so beträgt das für 1 Cubikmeter = 9 Gramm oder nach Aufnahme des Wassers aus dem Regulator 10, bez. 17 Gramm Wassergehalt. Dieser Gehalt bleibt also stets unter dem bei den obigen Berechnungen zu Grunde gelegten Maximum und bestätigt die Annahme, dass die durch den Feuchtigkeitsgehalt der Luft bewirkte Temperaturerniedrigung nie-

[1]) Ein Satz, der zwar nicht so unbedingt, aber für den vorliegenden Vergleich hinreichende Gültigkeit hat, vergl. Bd. I. — [2]) Berg- u. Hüttenm. Zeitung von Hartmann. 1849. S. 497.

mals einen bedeutenden Grad erreicht, auch selbst dann nicht, wenn durch einen Wasserregulator hinreichend Gelegenheit zur Sättigung der Luft mit Wasserdampf gegeben ist.

Wenn Stentz nun behauptet, dass diese Wassermenge, künstlich in den Ofen gebracht, bald ein vollständiges Zublasen der Formen herbeiführen würde, so ist nicht abzusehen, welcher Unterschied in einer künstlichen und natürlichen Zuführung liegen soll. Ein Unterschied würde sich nur dann bemerkbar machen können, wenn man das Wasser in dem ersten Fall in einem anderen Aggregatzustande als in dem zweiten, also flüssig und nicht in Dampfform zuführte.

Auch Truran [1]) führt zwar die beiden Gründe für die Productionsverminderung der Hochöfen im Sommer an, sucht indessen den wesentlichsten in der Feuchtigkeit. Er findet als Mittel der Productionszunahme im Winter gegen den Sommer 4 bis 5 Proc., macht aber auch sehr richtig auf die Menge Wassers und zwar im flüssigen Zustande aufmerksam, welche durch die von Regen benetzten festen Materialien von der Gicht aus in den Ofen gelangt. Die Luft enthält nach Truran im Durchschnitt 1,42 Proc. Feuchtigkeit, in England dagegen zu gewissen Zeiten mehr als das Doppelte, bis $3^{1}/_{3}$ Proc. [2]). Nimmt man den wöchentlichen Verbrauch an Gebläseluft zu 3000 tons oder 60000 Centner an, so kommen bei sehr feuchter Witterung durch den Wind 100 tons oder 2000 Centner, durch die Schmelzmaterialien 68 tons oder 1360 Centner, zusammen also über 3300 Centner Wasser in den Ofen, und Truran glaubt, dass als Durchschnitt für gewöhnliche Verhältnisse die auf beide Weisen in den Ofen gelangende Wassermenge gleich der des producirten Roheisens ist. Man ersieht auch aus diesen, übrigens in Beziehung auf die Feuchtigkeit der Luft zu hoch gegriffenen Angaben, dass sehr viele Einflüsse auf eine Aenderung in dem Productionsquantum eines Hochofens einwirken, welche unabhängig von dem durch die jährlichen Temperaturschwankungen bedingten Feuchtigkeitsgehalt der Luft sind.

Man hat indessen geglaubt, dass bei Anwendung heissen Windes nicht nur diese Nachtheile aufgewogen, sondern sogar erhebliche Vortheile selbst bei grösseren Mengen Wasserdampf erzielt werden könnten.

Einige praktische Versuche über den Einfluss des Wasserdampfes sind von Merbach in seinen „Erläuterungen der vorzüglichsten Apparate zur Erwärmung der Gebläseluft“ mitgetheilt worden [3]). Hiernach erzeugten Holzkohlen mit kalter Luft im Durchschnitt 6102° Wärme, dieselben mit warmer Luft 6107°, dieselben mit warmer Luft und Wasserdämpfen 5837°. Merbach [4]) bemerkt hierzu, dass „die Resultate der

[1]) The Iron manufacture of Great Britain, theoretically and practically considered, by W. Truran. 2nd. ed. revised by J. Arthur Phillips and William H. Dorman. London 1862. Deutsch bearbeitet von Dr. C. Hartmann. Weimar 1864. — [2]) Eine wie aus den mitgetheilten Tabellen ersichtlich unbegründete Ansicht. — [3]) Freiberg 1840. 1ste Beilage. S. 86 u. f. — [4]) Zahlen, deren absolute, auf der Hand liegende Unrichtigkeit den relativen Werth nicht beeinträchtigt.

einzelnen Versuche mit Wasserdämpfen sehr unter einander abweichen, indem sie von 5304 bis 6627° schwanken und zu der Folgerung Veranlassung geben, dass wenige, der heissen Gebläseluft beigemengte Wasserdämpfe für die Wärmeerzeugung vortheilhaft, viele dagegen nachtheilig seien.“ Es lässt sich indessen richtiger folgern, dass die geringen Differenzen in den Versuchen selber begründet sind und dass, was auch die oben ausgeführten Rechnungen zeigen, die Einführung geringer Mengen Wasserdampf eben keinen grossen Nachtheil hat.

Zersetzung des Wasserdampfes. Es ist im Vorhergehenden ganz von der Zersetzung des Wasserdampfes abgesehen worden. Dieser schrieb man indessen die angeblichen Vortheile zu. Eine Zersetzung des Wassers mit der Wirkung anzunehmen, dass durch Eingehung neuer Verbindungen, etwa des Kohlenstoffs mit dem Wasserstoff und deren Verbrennung höhere Erfolge erzielt werden könnten, ist als eine unbegründete Ansicht von der Chemie zurückgewiesen. Wasser wird allerdings durch glühende Kohlen zersetzt, aber nicht unter Bildung von Kohlenwasserstoff, sondern von reinem Wasserstoff. Dieser Wasserstoff gelangt im Hochofen nicht wieder zur Verbrennung, sondern steigt als solcher auf, da er sich in einer reducirenden Atmosphäre befindet. Aber selbst vorausgesetzt, der Wasserstoff fände in den unteren Theilen des Ofens Gelegenheit zur Verbrennung, so darf man doch mit Recht annehmen, dass die durch Wiederverbrennung oder Oxydation des aus der Wasserzersetzung hervorgangenen Wasserstoffs erzeugte Wärmemenge nicht grösser ist, als die zur Zersetzung oder Reduction des Wassers bereits verbrauchte Wärme [1]).

Es wird daher durch die Einführung des Wasserdampfes ausser den Seite 83 erörterten Wärmeverlusten, welche darin begründet sind, dass die Dämpfe oder vielmehr Bestandtheile des Wassers zu den Verbrennungsproducten wärmeabsorbirend hinzutreten, auch noch die Wärme verloren, welche zur Reduction nöthig ist [2]). Allerdings wird ein Theil der verlorenen Wärme wieder durch diejenige Wärme ersetzt, welche durch die Verbindung des aus der Zersetzung des Wassers hervorgegangenen Sauerstoffs mit der entsprechenden Menge Kohlenstoff zu Kohlenoxyd erzeugt wird. Es lässt sich dies Verhältniss folgendermaassen darstellen:

---

[1]) Vergl. Annalen der Physik und Chemie von Poggendorf. 1867. Nr. 6. Ueber die mechanische Energie der chemischen Verbindungen von H. W. Schröder van der Kolk S. 277. — [2]) Diese Reductionswärme kann zu 6823° (Bd. I, S. 64) angenommen werden. Würden daher in derselben Zeit, in welcher 1 Gewichtstheil Kohlenstoff mit der Erzeugung von 2745° C. durch atmosphärische Luft verbrennt, 0,4 Gewichtstheile Wasser in den Ofen geführt, so würde die Temperaturerhöhung durch die Temperaturerniedrigung ausgeglichen, eine Verbrennung unmöglich und der Ofen ausgelöscht werden, wenn nicht durch die Verbrennung des Kohlenstoffs, d. h. die Verbindung mit dem freigewordenen Sauerstoff des Wasserdampfes eine gewisse Menge Wärme zugeführt würde.

Verlust: 9 Gewichtstheile Wasser verlangen zu ihrer Zerlegung in 1 Gewichtstheil Wasserstoff und 8 Gewichtstheile Sauerstoff
= 34,462 Wärmeeinheiten [1])

Gewinn: 6 Gewichtstheile Kohlenstoff entwickeln bei der Verbrennung mit 8 Gewichtstheilen Sauerstoff zu 14 Gewichtstheilen Kohlenoxyd = 14,838 Wärmeeinheiten [2])

folglich gehen verloren 19,624 Wärmeeinheiten.

Dies Verhältniss würde bei der Anwendung reinen Wasserdampfes eintreten. Je mehr Luft zugleich zugeführt wird, um so mehr vermindert sich selbstverständlich der absolute Verlust an Wärme.

Temperaturerhöhung der Gebläseluft durch die Pressung.

Ebenso wie sich die Luft bei der Steigerung ihrer Temperatur mit je 1^0C. um $\frac{1}{273} = 0{,}00367$ [3]) ihres Volumens ausdehnt, d. h. zu $1 + 0{,}00367$ Volumen wird, ebenso steigt umgekehrt bei einer Zusammenpressung der Luft um $\frac{1}{273}$ die Temperatur derselben um 1^0 C., bei der Zusammenpressung auf $\frac{t}{273}$ auf t^0 C. Da nun nach dem Mariotte'schen Gesetze das Volumen der Gase sich umgekehrt wie der Druck, dem sie ausgesetzt sind, verhält, so muss die Temperatur auch mit der Volumenverminderung zunehmen.

Wird eine Luftmasse vom anfänglichen Volumen V und von der Temperatur t auf das Volumen V_1 verringert, so erhält das Volumen V_1 die Temperatur t_1 und es verhält sich

$$\frac{V}{V_1} = \frac{1 + 0{,}00367\,t_1}{1 + 0{,}00367\,t}.$$

Dagegen verhält sich die Spannung der Luft p, welche dem Volumen V entspricht, zur Spannung p_1, welche dem Volumen V_1 entspricht, also

$$\frac{p}{p_1} = \frac{1 + 0{,}00367\,t}{1 + 0{,}00367\,t_1}.$$

Es ist indessen die specifische Wärme der Luft bei ungehinderter Ausdehnung, also constantem Drucke (c) und die specifische Wärme der Luft bei constantem Volumen (c_1) nicht unbedeutend verschieden, und daher ändert sich bei grösseren Manometerständen oder Spannungsunterschieden das angegebene einfache Verhältniss und man muss einen auf das Verhältniss $\frac{c}{c_1} = \varkappa$ gegründeten Coëfficienten einführen. Es entsteht [4]) die Formel

---

[1]) Pogg. Annal. 1867. S. 283 ist 29413 aufgeführt, eine gegen die Favre'schen Zahlen abweichende Angabe, wohl ein Druckfehler. — [2]) Nämlich 6 × 2473 Wärmeeinheiten, vergl. Annal. de chim. et de phys. sér. III, t. 34, p. 399 und Thèses par Favre, 1853. p. 56. — [3]) Genauer = 0,003665, vergl. S. 84. — [4]) Auf Grundlage des Poisson'schen oder potenzirten Mariotte'schen Gesetzes. Vergl. Hauer S. 14 u. f.

$$\frac{p^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}}}{p_1^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}}} = \frac{1 + 0{,}00367\,t}{1 + 0{,}00367\,t_1},$$

es ist mithin

$$t_1 = \frac{\left[\left(\frac{p_1}{p}\right)^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}} \cdot (1 + 0{,}00367\,t)\right] - 1}{0{,}00367}.$$

Nun ist $\varkappa = 1{,}419$, daher $\frac{\varkappa - 1}{\varkappa} = 0{,}2953$.

Der gewöhnliche Manometerstand ist, wie wir gesehen haben, 3 Pfund oder circa 6 Zoll Quecksilber, der höchste 5 Pfund oder circa 10 Zoll Quecksilber. Mithin $\frac{p_1}{p}$ im einen Falle $= \frac{28 + 6}{28} = 1{,}2143$, im anderen $\frac{28 + 10}{28} = 1{,}3571$, und daher, wenn wir die mittlere Temperatur der Atmosphäre $= 7^0$ C. setzen, $t_1 = 23{,}5^0$ C. resp. $30{,}6^0$ C.

Man sieht, dass die Temperaturerhöhung selbst bei der höchsten Pressung, welche man dem in den Hochofen strömenden Winde giebt, nur sehr gering ist, sicherlich durch Ausstrahlung, wenn nicht schon im Gebläsecylinder, so doch in der Röhrenleitung ausgeglichen und daher nur als verlorene Arbeit an der Gebläsemaschine, nicht aber im Betriebe des Hochofens fühlbar wird.

Einfluss hoher Temperaturen des Windes.

Der heisse, d. h. künstlich zu hohen Temperaturen erhitzte Wind wurde zuerst auf der Clyde-Hütte in Schottland zum Hochofenbetriebe benutzt. Man verwendete dort Thoneisenstein als Erz, Kalkstein als Zuschlag und Koks (von der Splintkohle, einer nicht backenden, sauerstoffreichen Steinkohle, welche 45 Proc. Koks giebt) als Brennmaterial [1]).

Während der sechs ersten Monate des Jahres 1829, in welcher Zeit kalter Wind auf der Clyde-Hütte ausschliesslich gebraucht war, wurden 8 tons $1^1/_4$ cwts. $= 161^1/_4$ Ctr. verkokte Kohle für 1 ton = 20 Ctr. Roheisen verbraucht. Während der sechs ersten Monate des folgenden Jahres, in welcher Zeit der Wind auf 300^0 F. $= 149^0$ C. erhitzt wurde, verbrauchte man 5 tons $3^1/_4$ cwts. $= 103^1/_4$ Ctr. verkokte Kohle zu 1 ton = 20 Ctr. Roheisen. Die wirkliche Ersparniss an Kohle betrug indessen nur $2^1/_2$ tons = 50 Ctr., da 8 cwts = 8 Ctr. Kohle zur Erhitzung des Windes verbraucht wurden.

---

[1]) Vergl. Dr. Clark, Professor der Chemie zu Aberdeen: On the application of the Hot-Blast in the manufacture of Cast Iron. Vortrag gehalten in der Royal Society von Edinburgh, 16. März 1835.

Im Jahre 1831 wurde auf der Calder-Eisenhütte rohe Steinkohle mit Erfolg an Stelle des Koks eingeführt und dies dann schnell auf den meisten schottischen Werken adoptirt. Die Temperatur des Windes erhöhte man nun auf die Schmelzhitze des Bleies, ja die des Zinks und war nun auch gezwungen, Wasserformen zu benutzen. Während der ersten sechs Monate des Jahres 1833, wo man zu Clyde-Hütte auch die Anwendung der rohen Steinkohle eingeführt hatte, war der Verbrauch an Kohle für 20 Ctr. Roheisen = 2 tons $5^1/_4$ cwts. = $45^1/_4$ Ctr., exclusive 8 cwts. = 8 Ctr., welche für die Erhitzung des Windes verwendet wurden. Es stellte sich daher der wirkliche Kohlenverbrauch auf 2 tons $13^1/_4$ cwts. = $53^1/_4$ Ctr., während er im Jahre 1829 8 tons 14 cwts. = 174 Ctr. auf 1 ton = 20 Ctr. Roheisen betragen hatte.

Die auf der Clyde-Eisenhütte in den drei bezeichneten Perioden erlangten Resultate (wobei das Gebläse dasselbe geblieben war) sind übersichtlich aus der folgenden Tabelle (Seite 91) zu ersehen.

Hieraus folgt, dass bei Anwendung heissen Windes dieselbe Brennmaterialmenge dreimal so viel Eisen reducirte und dieselbe Windmenge doppelt so viel leistete, als vorher [1]). Man muss bei dem Vergleiche der verbrauchten Brennmaterialmenge die Zusammensetzung der Kohle nicht aus dem Auge verlieren, sonst würde man keine wirklich vergleichbaren Resultate bei verschiedenen Werken erhalten, deren Kohle oft sehr abweichend zusammengesetzt ist. Z. B. enthält die nichtbackende Steinkohle von Schottland und Süd-Staffordshire viel mehr Sauerstoff und viel weniger Kohlenstoff, als die nichtbackende halb anthracitische Steinkohle von Süd-Wales; Kohlenstoff ist doch aber der hauptsächliche Wärmeerzeuger in beiden. Zu oft wird dieser wichtige Punkt beim Vergleiche des Brennmaterialaufwandes verschiedener Eisenwerke ganz übersehen [2]).

---

[1]) Dr. Clark, op. cit. p. 378. — [2]) Auf der Clyde-Hütte hatte die Gebläsemaschine einen Dampfcylinder von 40 Zoll Durchmesser, einen Gebläsecylinder von 8 Fuss Tiefe und 80 Zoll Durchmesser, und machte 18 Hübe in der Minute. Die ganze Kraft des Gebläses wurde sowohl verwendet beim Einblasen in 3, als später beim Einblasen in 4 Hochöfen, und in beiden Fällen hatten die beiden Formen eines jeden Ofens 3 Zoll Durchmesser. Die Pressung des Windes betrug $2^1/_2$ Pfd. pro Quadratzoll. Der vierte Ofen wurde allerdings erst nach Einführung der Wasserkühlung und Schluss der Formen, also nach Vermeidung manchen Windverlustes, angeblasen, was schon daraus ersichtlich ist, dass die Maschine in Folge des grossen Widerstandes der Materialien weniger als 18 Hübe in der Minute machte, als man drei Hochöfen so eingerichtet hatte.

1829 betrug die Gicht (*charge*):

cwts.	qrs.	lbs.	
5	—	—	Koks,
3	1	14	gerösteten Eisenstein,
—	3	16	Kalkstein.

1830:

cwts.	qrs.	lbs.	
5	—	—	Koks,
5	—	—	gerösteten Eisenstein,
1	1	16	Kalkstein.

Koks und kalter Wind (vom 7. Januar bis 19. August 1829).		Koks und heisser Wind (vom 6. Januar bis 30. Juni 1830).		Rohkohle und heisser Wind (vom 9. Januar bis 30. Juni 1830).	
Durchschnittliche wöchentliche Production an Roheisen in 3 Hohöfen.	Durchschnittlicher Verbrauch an Kohle auf 1 ton = 20 Ctr. Roheisen.	Durchschnittliche wöchentliche Production an Roheisen in 3 Hohöfen.	Durchschnittlicher Verbrauch an Kohle auf 1 ton = 20 Ctr. Roheisen.	Durchschnittliche wöchentliche Production an Roheisen in 4 Hohöfen.	Durchschnittlicher Verbrauch an Kohle auf 1 ton = 20 Ctr. Roheisen.
tons. cwts. qrs.	tons. cwts. qrs.	tons. cwts. qrs.	tons. cwts. qrs.	tons. cwts. qrs.	tons. cwts. qrs.
110 14 2	8 1 1	162 2 2	5 3 1	245 0 0	2 5 1
Preuss. Ctr.	Preuss. Ctr.	Preuss. Ctr.	Preuss. Ctr.	Preuss. Ctr.	Preuss. Ctr.
$2214\frac{1}{2}$	$161\frac{1}{4}$	$3242\frac{1}{2}$	$103\frac{1}{4}$	4900	$45\frac{1}{4}$

Diese Mittheilungen haben insofern Werth, als sie den unmittelbaren Erfolg erhitzten Windes erkennen lassen. Wollte man die jetzigen Betriebsresultate der Hochöfen, deren bei Weitem grösster Theil gegenwärtig mit heisser Luft arbeitet, mit den Resultaten vergleichen, welche vordem bei Anwendung kalter Luft erlangt worden sind, so würde man zu sehr unrichtigen Schlüssen kommen, denn man würde alle überhaupt gemachten Fortschritte dem heissen Winde anrechnen.

Deshalb haben auch die Mittheilungen ein grosses Interesse, welche bei Einführung des Betriebes mit heissem Winde an verschiedenen Orten aufgezeichnet sind. Von den meisten derartigen Aufzeichnungen hat uns F. Th. Merbach [1]) eine tabellarische Zusammenstellung gegeben (die Tabelle auf nebenstehendem Blatte), denen wir noch einige Angaben Karsten's [2]) über die Hütten zu Vietz, Malapane und Gleiwitz angefügt haben.

Die in dieser Tabelle zusammengestellten Ergebnisse von mehr als 30 Hüttenwerken, welche unter ganz gleichen Verhältnissen vom Betriebe mit kaltem zum Betriebe mit heissem Winde übergegangen sind, Resultate, welche weit übertroffen werden von denjenigen, welche man da erzielt hat, wo man zugleich die Stärke des Gebläses, die Dimensionen des Hochofens und Anderes einer vermehrten Production angemessen vergrösserte — können keinen Zweifel mehr übrig lassen, dass der heisse Wind eine Brennmaterialersparniss, eine Productionserhöhung oder beides zur Folge hat. Wir werden später sehen, dass die Winderhitzung noch einige andere Vortheile für den Hochofenbetrieb, freilich auch mehrere Nachtheile bezüglich der Qualität des Roheisens bietet.

Ehe wir zu der theoretischen Erörterung der Wirkungsweise des erhitzten Windes übergehen, sollen die Apparate, in denen die Erhitzung in der Praxis vorgenommen wird, beschrieben und ihre Resultate bezüglich der Temperaturhöhe und des dazu erforderlichen Brennmaterialverbrauchs, welcher bei jeder Kohlenersparniss im Hochofen natürlich in Abzug gebracht werden muss, gegen einander gestellt werden.

Winderhitzungsapparate.
(*Hot blast ovens.*)

Der menschliche Erfindungsgeist hat sich seit der Erkenntniss von der Wichtigkeit erhitzter Gebläseluft für den Hochofenbetrieb in bedeutendem Grade auf Herstellung von Apparaten zu diesem Zwecke gerich-

---

1833:

5 cwts.	— qrs.	— lbs.	Steinkohle,
5 „	— „	— „	gerösteten Eisenstein,
1 „	— „	— „	Kalkstein

(vergl. Dr. Clark, op. cit., p. 382).

[1]) Die Anwendung der erwärmten Gebläseluft im Gebiete der Metallurgie, aus den Nachlassschriften des Oberberghauptmanns Freiherrn v. Herder. Leipzig 1840. — [2]) Eisenhüttenk. III, 271.

ersi

[illegible]	
19,47	
—	
—	1,6
25	

s, theils mi

rtes Roh- und G	
lägen.	
bei warmer Luft.	bei kalt Luf
35,00	300,0
—	353,7
62,50	—
27,50	—
87,85	419,0
—	300,0
—	300,0
45,99	302,5
43,00	215,0
75	269

Tabellarische Uebersicht

der

Resultate des Betriebes mehrerer Eisenhochöfen bei kalter und erwärmter Gebläseluft.

a. Hochöfen, die bei kalter und erwärmter Gebläseluft mit Holzkohlen betrieben werden.

Name der Hütte.	Täglich durchgesetzte Gichten.		Eine Gicht bestand aus: Eisenstein.		Zuschlägen.		Holzkohlen.		Auf 100 Kilogramme producirtes Roh- und Gusseisen beträgt der Aufwand an: Eisenstein.		Zuschlägen.		Holzkohlen. harten = h. nach dem Maass.		weichen = w. nach dem Gewicht.		Tägliche Roheisenproduction.		Grösse des durch die erwärmte Luft bewirkten Mehr- (—) und Minderbedarfs (+) an: Eisenstein.	Zuschlägen.	Holzkohlen.	Steigen (+) und Fallen (—) der Roheisenproduction.	Temperatur der Luft.
	Zahl.		Kilogramme oder Cubik-Meter.										Cubik-Meter.		Kilogramme.				Procente.				Grad Cels.
	bei kalter Luft.	bei warmer Luft.	bei kalter Luft.	bei warmer Luft.	bei kalter Luft.	bei warmer Luft.	bei kalter Luft.	bei warmer Luft.	bei kalter Luft.	bei warmer Luft.	bei kalter Luft.	bei warmer Luft.	bei kalter Luft.	bei warmer Luft.	bei kalter Luft.	bei warmer Luft.	bei kalter Luft.	bei warmer Luft.					
Hochofen zu Plons.																							
1) Betrieb bei kaltem Wind und Holzkohlen	36	—	93,33	—	26,45	—	60,939 w. 24,43 h.	—	196	—	57,6	—	—	—	179,4 h. u. w.	—	1712,88	—	—	—	—	—	—
2) Betrieb bei erwärmter Luft und Holzkohlen	—	26	—	109,8	—	32,94	—	60,93 w. 24,43 h.	—	196	—	51,2	—	—	—	152,4 h. u. w.	—	1455,94	0,00	11,12 +	15,05 +	15,01 —	—
3) Betrieb bei erwärmter Luft und theilweiser Anwendung von Holz	—	36	—	120,78	—	32,94	— =	53,80 Holz 26,70 w. 20,31 w. 24,43 h.	—	196	—	53,4	—	—	—	116,0 h. u. w.	—	2217,52	0,00	7,292 +	35,56 +	29,49 +	—
Eisenhüttenwerk Wasseralfingen.																							
a) Friedrichsofen	—	—	327,38	477,04	—	—	2,7288 C.-M.	3,829 C.-M.	317,36	306,15	54,94	38,64	—	—	178,78 h. u. w.	111,85 h. u. w.	3103,36	5049,67	3,54 +	29,67 +	37,44 +	62,71 +	210
b) Wilhelmsofen	—	—	339,07	397,53	—	—	3,775 C.-M.	3,775 C.-M.	325,82	313,78	50,00	40,49	—	—	171,54 h. u. w.	114,96 h. u. w.	3212,10	5147,88	4,31 +	19,02 +	32,99 +	60,26 +	165
Hochofen zu Jenbach in Tirol	—	—	171,923	253,124	—	—	2,398 C.-M.	2,398 C.-M.	—	—	—	—	4,812 w.	3,357 w.	—	—	3663,591	4165,921	—	—	30,24 +	13,71 +	—
Hochofen zu Kiefer in Tirol	—	—	—	—	—	—	—	—	328,947	357,77	—	—	—	—	—	—	3855,675	3943,597	—	—	—	2,72 +	275—280
Hochofen zu Dienten in Salzburg	100	106	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10,216 w.	6,964 w.	—	—	1163,142	1996,99	—	—	31,84 +	71,78 +	—
Hochofen zu Eberstein in Kärnthen	—	—	129,138	154,171	—	—	1,5367 C.-M.	1,5367 C.-M.	216,122	200,00	—	—	2,601 w.	2,016 w.	—	—	5519,244	6100,983	7,46 +	—	22,50 +	10,54 +	—
Hochofen zu Franzensthal in Böhmen	34	28,71	252,004	315,286	17,64	18,917	2,278 C.-M.	2,278 C.-M.	315,856	310,077	22,10	18,604	3,425 w.	2,453 w.	—	—	2518,207	2687,33	1,87 +	15,82 +	28,38 +	6,71 +	—
Hochofen zu Rhonitz in Niederungarn	94,2	87,9	106,995	144,93	—	—	1,278 C.-M.	1,278 C.-M.	395,413	382,701	—	—	5,663 w.	4,054 w.	—	—	2124,681	2770,934	3,22 +	—	28,43 +	30,41 +	—
Hochofen zu Saynerhütte in Rheinpreussen	18 2/7	24 6/7	—	—	—	—	—	—	0,5875 C.-M.	0,5496 C.-M.	0,0812 C.-M.	0,0673 C.-M.	—	—	135,722 w.	111,39 w.	3204,167	5040,338	6,44 +	22,45 +	16,08 +	57,35 +	200—210
Hochofen zu Lauchhammer in Preuss. Sachsen	—	—	—	—	—	—	—	—	286	284	26,3	24,2	—	—	124,3 w.	103,3 w.	—	—	0,70 +	7,99 +	16,90 +	—	180—190
Hochofen zu Malapane in Schlesien.																							
1) bei Verarbeitung von Grossteiner Erzen	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,620 w.	1,782 w.	—	—	—	—	—	—	32,00 +	—	117,5
2) „ „ „ Babkowsker Erzen	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,595 w.	1,004 w.	—	—	—	—	—	—	37,06 +	—	158,5
3) nach Karsten bei Verarbeitung beider Erze	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	280 w.	188 w.	—	—	—	5,0 +	32,86 +	—	—
Hochofen zu Maximilianshütte in Baiern	—	—	—	—	—	—	—	—	384,6	371,11	—	—	5,171 w.	3,726 w.	—	—	3807,36	4406,55	3,51 +	—	—	15,73 +	214
Hochofen zu Bodenwöhr in Baiern	—	—	—	—	—	—	—	—	359,7	324,6	—	—	4,715 w.	3,194 w.	—	—	2160,77	1826,08	9,76 +	—	32,27 +	15,49 —	285
Hochofen zu Weiherhammer in Baiern	—	—	—	—	—	—	—	—	347,22	312,50	—	—	4,259 w.	3,498 w.	—	—	1599,99	1919,99	10,00 +	—	17,87 +	19,99 +	213—296
Hochofen Nro. 1 zu Rothe Hütte am Harze	44,6	38,33	298,44	383,44	—	—	137,08	137,08	284,99	292,27	—	—	—	—	130,907 h. u. w.	103,428 h. u. w.	4670,22	5021,091	2,55 —	—	20,92 +	7,51 +	—
Hochofen zu Altenau am Harze	39	32,8	0,539 C.-M.	0,628 C.-M.	—	—	112,608	123,869	—	—	—	—	—	—	130,31 h. u. w.	114,94 h. u. w.	3086,411	3558,877	—	—	11,80 +	15,37 +	100—150
Hochofen zu Tanne am Harze	27,35	17,60	0,503 C.-M.	0,471 C.-M.	—	—	113,411	112,124	0,321 C.-M.	0,285 C.-M.	—	—	—	—	153,094 h. u. w.	92,773 h. u. w.	2004,711	2084,21	—	—	—	—	—
Hochofen zu Brefven in Schweden.																							
1) mit erwärmter Luft und gewöhnlicher Form	22,1	21,4	240,832	281,737	25,648	28,173	4,440 C.-M.	4,440 C.-M.	224,18	269,44	23,87	26,944	4,121 w.	3,728 w.	—	—	2841,336	3058,907	20,19 —	12,87 —	9,57 +	7,65 +	—
2) mit erwärmter Luft und Wasserform	—	20,51	—	297,166	—	22,109	—	4,440 C.-M.	—	223,36	—	16,63	—	3,340 w.	—	—	—	3235,548	0,37 +	30,34 +	18,96 +	13,87 +	140—150
Hochofen zu Ankarsrum in Schweden	—	—	—	—	—	—	—	—	269,00	240,94	25,66	12,42	4,806 w.	2,862 w.	—	—	3117,051	3905,469	17,87 +	151,60	40,30 +	25,29 +	210
Hochofen zu Dormsjö in Schweden	32	28,71	307,149	369,975	45,793 (Schlacken)	41,884 (Schlacken)	4,995 C.-M.	4,995 C.-M.	173,75	177,73	25,66 (Schlacken)	20,07 (Schlacken)	2,825 w.	2,394 w.	—	—	5656,640	5989,409	2,29 —	21,75 +	15,26 +	5,88 +	—
Hochofen zu Åker in Schweden	—	—	234,96	293,187	41,651	65,967	4,995 C.-M.	4,995 C.-M.	—	—	100 Kil. Eisenstein erforderten zum Schmelzen: 18,15	22,5	2,125 w.	1,703 w.	—	—	—	—	—	23,97 —	19,86 +	—	100
Hochofen zu Hausen im Grossherzogthum Baden	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,74 h.	1,58 h.	—	—	3202,07	3799,07	—	—	9,20 +	18,64 +	—
Hochofen zu Rammershausen in Kurhessen	20—22	16—18	—	—	—	—	—	—	301	292,2	108	99,70	—	—	210 w.	169,4 w.	1658,57	1620,00	2,93 +	7,69 +	19,33 +	2,33 —	200
Hochofen zu Lehnberg im Nassauischen	—	—	—	—	—	—	—	—	270,29	220,07	38,10	19,47	—	—	128,97 w.	87,89 w.	—	—	18,62 +	48,89 +	31,86 +	—	—
Hochofen zu Morgenröthe im Königreich Sachsen	—	—	—	—	—	—	—	—	305,90	286,53	—	—	—	—	167,86 w.	128,65 w.	1579,97	2039,75	6,34 +	—	23,28 +	29,09 +	250
Hochofen zu Erla im Königreich Sachsen	—	—	210,35	271,11	65,442	65,442	3,587 C.-M.	3,587 C.-M.	—	—	—	—	1,647 w.	1,249 w.	—	—	1227,515	1689,35	—	—	23,92 +	37,62 +	—
Hochofen zu Vietz in der preuss. Neumark (Karsten) bei Verarbeitung von Wiesenerzen	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	35,5	25	—	—	145	95	1469,857	1653,582	—	29,58 +	34,48 +	12,5 +	—

b. Hochöfen, die bei kalter Luft mit Koks, bei erwärmter Luft theils mit Koks, theils mit rohen Steinkohlen betrieben werden.

Name der Hütte.	Täglich durchgesetzte Gichten.		Eine Gicht bestand aus: Eisenstein.		Zuschlägen.		Koks = K. Steinkohlen = St.		Auf 100 Kilogramme producirtes Roh- und Gusseisen beträgt der Aufwand an: Eisenstein.		Zuschlägen.		Koks.		Steinkohlen.		Tägliche Roh- u. Gusseisenproduction.		Grösse des durch die erwärmte Luft bewirkten Mehr- (—) und Minderbedarfs (+) an: Eisenstein.	Zuschlägen.	Brennmaterial.	Steigen (+) und Fallen (—) der Eisenproduction.	Temperatur der Luft.
	Kilogramme oder Cubikmeter																Kilogramme.		Procente.				Grad Cels.
	bei kalter Luft.	bei warmer Luft.	bei kalter Luft.	bei warmer Luft.	bei kalter Luft.	bei warmer Luft.	bei kalter Luft.	bei warmer Luft.	bei kalter Luft.	bei warmer Luft.	bei kalter Luft.	bei warmer Luft.	bei kalter Luft.	bei warmer Luft.	bei kalter Luft.	bei warmer Luft.	bei kalter Luft.	bei warmer Luft.					
Betrieb der Clyde-Eisenwerke	—	—	—	—	—	—	—	—	175,00	190,00	52,50	35,00	300,00	= —	675,00	240,00	6041,129	9163,29	8,57 —	33,33 +	64,44 +	35,12 +	222,5
Betrieb der Hochöfen an der Calder-Hütte	—	—	—	—	—	—	—	—	190,00		66,00		353,75	= —	784,99		5717,65		—	—	—	—	—
1) mit erwärmter Luft und Koks	—	—	—	—	—	—	—	—	—	135,00	—	62,50	—	213,95 =	505,00	—	—	6675,43	28,95 +	5,31 +	35,67 +	16,74 +	147,5
2) mit erwärmter Luft und Steinkohlen	—	—	—	—	—	—	—	—	—	185,00	—	27,50	—	—	250,00	—	—	7742,63	2,64 +	58,33 +	68,16 +	35,41 +	322
Die Hochöfen der Hütte zu Butterley	—	—	—	—	—	—	—	—	289,21	263,57	92,10	87,85	419,07	— =	575,00	209,00	5518,43	7110,78	8,87 +	4,62 +	63,66 +	28,85 +	182,5
Die Hochöfen der Hütte zu Wednesbury	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	300,00	— =	545,00	207,00	6094,95	8126,61	—	—	62,02 +	33,33 +	182,5
Die Hochöfen zu Apedule	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	300,00	— =	600,00	360,00	6094,95	7110,78	—	—	40,00 +	16,66 +	440
Die Hochöfen auf der Eisenhütte zu Vienne	40	33,14	180,4	253,27	54,66	55,25	228,9 K.	228,39 K.	238,45	206,39	72,24	45,99	302,50	184,61	905,00	406,11	3028,90	4082,20	13,46 +	36,34 +	55,13 +	34,77 +	—
Die Hochöfen auf der Eisenhütte zu La Voulte	—	—	200	360	60	60	200 K.	200 K.	238,00	231,00	65,00	43,00	215,00	143,00	—	—	6930,00	7320,00	2,94 +	33,85 +	33,49 +	5,62 +	—
Hochofen zu Gleiwitz in Ober-Schlesien (Karsten)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	74	75	269	215,2	—	—	3116,2	4093,7	—	1,35 —	20,00 +	31,37 +	—

tet, und es sind zahlreiche Arten und noch mehr Unterarten desselben erdacht und im Grossen versucht worden.

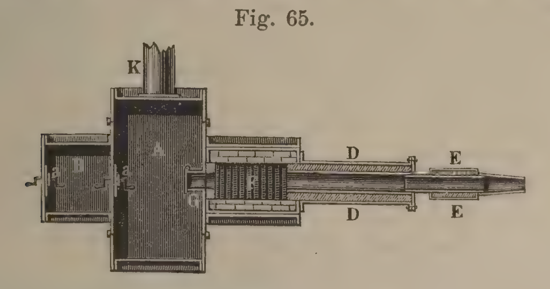
Ausführliche Schriften über Winderhitzungsapparate giebt es mehrere, im Englischen von Marten[1]) aus dem Jahre 1862, im Deutschen der Atlas zu dem bereits erwähnten Werke von Merbach, welches obwohl veraltet — vom Jahre 1840 — doch sehr werthvoll ist[2]). Sodann ist eine recht vollständige Zusammenstellung in Kerl's Hüttenkunde[3]) für metallurgische Processe im Allgemeinen gegeben. Einzelnes findet sich in zahlreichen technischen Zeitschriften zerstreut.

Die Erwärmung des Windes geschieht gegenwärtig nicht durch directe Uebertragung der Wärme aus den heissen Producten der verbrannten Brennmaterialien, sondern durch indirecte Uebertragung der Hitze vermittelst anderer fester Körper. Diese letzteren bestehen in Eisen oder in feuerfesten Steinen.

A. Directe Erhitzung des Windes.

Die directe Erwärmung durch Mischen mit den Verbrennungsgasen ist zuerst von Botfield im Jahre 1828 in Vorschlag gebracht, dann diese Idee von Devaux[4]) 1835 vervollkommnet. Letzterer liess die comprimirte Luft durch den Rost und dann direct mit den Verbrennungsgasen in den Ofen strömen, während ersterer das Gebläse nur zum Ansaugen der Producte eines besonders unterhaltenen Feuers benutzte. Fig. 65 und Fig. 66 (a.f.S.) stellen den Apparat dar. Die Arbeit war folgende: Wenn das Feuer angezündet worden und die Thür, welche die Kammer A mit B verbindet, geschlossen war, so wurde das Gebläse angelassen. Die Luft trat durch das Rohr K in den Aschenfall M, durchdrang das Brennmaterial und ging mit der Flamme vermischt durch das Leitungsrohr D

Fig. 65.

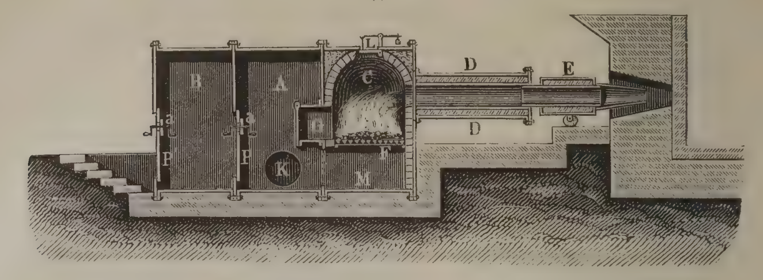


Devaux's Winderhitzungsapparat. Horizontalquerschnitt.

[1]) On the construction of Hot-Blast Ovens for Iron furnaces. By Mr. Henry Marten, of Wolverhampton. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. May 4th. 1859. p. 62. — [2]) 35 Tafeln, Abbildungen der vorzüglichsten Apparate zur Erneuerung der Gebläseluft auf den Hüttenwerken in Deutschland, England, Frankreich, Schweden und der Schweiz. 1840. — [3]) Bd. I, S. 641. — [4]) Dingler's polyt. Journ. 1836. Bd. 61. S. 123.

in die Düse *E*. Sollte das Feuer geschürt werden, so trat der Arbeiter in die Kammer *B*, liess durch ein Ventil die comprimirte Luft in dieselbe

Fig. 66.



Devaux's Winderhitzungsapparat. Verticalquerschnitt.

Kammer treten, nachdem er die Aussenthür *P'* verschlossen, und öffnete dann die Thür *P* zwischen *B* und *A*, von welchem letzteren Raum aus er nach Oeffnung der Klappe *G* das Feuer beschickte und den Rost reinigte. Der Devaux'sche Apparat scheint nur eine Nachahmung des bereits im Jahre 1834 in Frankreich versuchten Cabrol'schen zu sein [1]). „Cabrol liess die aus dem Regulator des Gebläses austretende Luft durch einen glühenden Heerd streichen, wo sie zum Theil zersetzt und je nach der Geschwindigkeit ihres Durchganges, der Ausdehnung des Rostes und der Quantität des daselbst angehäuften Brennmaterials mehr oder minder erhitzt wurde, um dann in den Ofen zu gelangen. Der Heerd war in einer gusseisernen Kammer angebracht, welche unten mit dem Regulator des Gebläses und oben mit dem Windrohre communicirte; innen war er sowie das Windrohr mit feuerfesten Ziegeln ausgefüttert. Der Heerd mitsammt seiner Kammer befand sich in einem grösseren gusseisernen Gehäuse, welches so eingerichtet war, dass sich — in Folge der Anbringung mehrerer mit luftdichten Thüren versehener Abtheilungen — der mit dem Dienste des Apparates beauftragte Arbeiter nach Belieben hinein begeben konnte, theils um das Brennmaterial auf den Rost zu werfen, theils um diesen von der Asche, die ihn etwa verlegte, zu befreien.“ Der Apparat wurde zuerst an einem Hochofen zu Chèvres probirt, sodann im October 1834 in Alais und 1835 zu la Forézie (Aveyron). Ueberall will man Erhöhung des Ertrages und Ersparniss an Brennmaterial, sowie einen besseren Hochofengang gefunden haben. Zu Forézie soll die Erhöhung des Ertrages 1 : 2,73, die Kostenersparniss an Brennmaterial, Arbeitslohn u. s. w. 40 Proc. betragen haben, aber es sind sehr bald alle weiteren Nachrichten ausgeblieben, und der ganze Apparat ist längst verschollen. Wenn die Angaben über die Wirksamkeit dieses Apparates richtig sind, so kann man daraus nur ersehen, dass unter den gegebenen Verhältnissen der Einfluss der Temperaturerhöhung selbst eines verminderten Windquantums zur Erreichung der erwähnten Resultate genügte.

---

[1]) Dingler's polyt. Journ. 1835. Bd. 57, S. 109, und 1837. Bd. 64, S. 140.

Die Luft, wenn sie das Brennmaterial trifft, gleichgültig ob sie, wie bei Cabrol, darüber hinstreicht, oder, wie bei Devaux, durch dasselbe dringt, oxydirt den Brennstoff, und die dadurch erzeugte Hitze überträgt sich auf die Verbrennungsproducte und die überschüssige, also unzersetzte Luft. Beide zusammen gelangen erhitzt in den Ofen. Nur die letztere indessen bewirkt hier eine weitere Verbrennung und Temperaturerhöhung, während die mitgeführten Verbrennungsproducte sich passiv verhalten, ja im Gegentheil mit auf die erhöhte Temperatur erhitzt werden müssen.

Wenn der durch reine Luft erzeugte pyrometrische Wärmeeffect [1])

$$T = \frac{p\,c}{3{,}67\,c\,s + n\,s'}$$

ist, worin p die Verbrennungswärme der Kohle in der zu einer bestimmten Temperatur erhitzten Luft (deren Höhe einstweilen nicht näher untersucht werden soll), c das Gewicht des Kohlenstoffs, n das Gewicht des mit der Luft eingeführten Stickstoffs, s die specifische Wärme der Kohlensäure, s' die des Stickstoffs bedeutet, so ist der pyrometrische Wärmeeffect einer zur Hälfte zur Verbrennung schon benutzten Luft von gleicher Temperatur

$$T' = \frac{p\,c}{2\,(3{,}67\,c\,s + n\,s')};$$

denn im Ofen wird nur die Hälfte an Kohlenstoff verbrannt, während dieselbe Menge von Verbrennungsproducten erhitzt werden muss, oder, was dasselbe sagen will, auf dieselbe Menge Kohlenstoff kommen doppelt so viel Verbrennungsgase. Hatten wir früher für die Temperatur der Luft von 0^0 $T = 2745^0$ C. gefunden, so wird T' nur $= 1372^0$ C. sein. Nun ist aber die Luft schon vorher durch Verbrauch einer entsprechenden Menge Brennmaterial ebenso hoch erhitzt worden. Es würde daher, falls keine Abkühlung derselben bis zum Eintritt in den Ofen stattfände, dasselbe Resultat erreicht werden, wie bei kaltem Winde. Dies gilt indessen nur für den Fall, dass das in dem Apparate verbrannte Brennmaterial gleiche Zusammensetzung mit dem vor den Formen des Hochofens verbrannten hätte, für den Fall also, dass man Holzkohle oder Koks verwendet. Will man dagegen z. B. in dem Erhitzungsapparate ein rohes, d. h. kohlenstoffärmeres und dabei wasserhaltiges Brennmaterial verwerthen, so muss das Resultat ein schlechteres sein, als das bei kaltem Winde erlangte. Die Gründe, warum, wenn den Berichten zu glauben ist, in der That ein besseres Resultat als bei kaltem Winde erhalten wurde, wird man einsehen, wenn die Wirkungsweise des indirect erhitzten Windes erörtert worden ist.

Schon Cabrol deutete darauf hin, dass man wohl die Gichtgase zur directen Erhitzung der Gebläseluft benutzen könne, und in neuerer Zeit ist wirklich der Vorschlag gemacht worden, die Gichtgase mit mehr oder weniger Luft gemischt durch die Formen wieder in den Ofen zu leiten.

---

[1]) Vergl. S. 78.

Man hat bei diesem Vorschlage nicht bedacht, dass die Gichtgase neben brennbaren Gasen auch eine grosse Menge unverbrennlicher, also nur Wärme absorbirender Gemengtheile enthalten, und dass, wenn man selbst von Wasserdampf, Kohlensäure u. s. w. absieht, schon der sich immer mehr concentrirende Gehalt an Stickstoff genügen würde, um binnen Kurzem jede Verbrennung unmöglich zu machen und den Ofen zu ersticken.

B. Indirecte Erhitzung des Windes.

Die indirecte Erwärmung kann auf zweierlei Weise geschehen. Entweder wird die Gebläseluft in permanentem Strome durch ein Röhrensystem geführt, welches von Aussen durch die heissen Verbrennungsproducte umspielt und erhitzt wird — ein solches System wird stets aus Eisen hergestellt — oder die Verbrennungsgase werden durch einen Raum geführt, den sie erhitzen, worauf der Wind denselben Weg einschlägt und die Wärme wieder aufnimmt; in dem letzteren Falle besteht der erhitzte und Hitze abgebende feste Körper stets aus feuerfesten Ziegeln.

Gleichgültig welche Art von Erhitzungsapparaten gewählt wird, so kann jeder beliebige Brennstoff, wenn er nur eine hinreichend hohe Temperatur erzeugt, verwendet werden; doch finden zwei Arten Brennmaterial hauptsächlich Anwendung, nämlich Steinkohlen und die Gase des Hochofens, welchem die Winderhitzung zu Gute kommt.

I. Winderhitzungsapparate mit eisernen Röhren.

Der erste Winderhitzungsapparat Neilson's bestand aus einer kleinen schmiedeisernen Kammer von 4 Fuss Länge, 3 Fuss Höhe und 2 Fuss Breite, ähnlich einem Kofferkessel. Unten war die Feuerung angebracht, oben stand der Kopf mit der atmosphärischen Luft in Berührung. Der kalte Wind drang an einem Ende unmittelbar über dem Roste ein und ging am entgegengesetzten Ende direct zur Form mit einer Temperatur von etwa 93° C. (200° F.). Jede Form hatte einen solchen Apparat. Die gesammte Fläche des Rostes für jeden betrug etwa 3,8 pr. (4 engl.) □Fuss und die Heizfläche der Kammer 33 pr. (35 engl.) □Fuss. Schon bei dem hierdurch erzielten geringen Grade der Erhitzung zeigte sich der Vortheil aufs Klarste.

Da diese aus Kesselblech gefertigten Kammern sehr schnell durch Oxydation zerstört wurden, so versuchte Neilson, dieselben durch cylindrische Gefässe aus Gusseisen zu ersetzen, welche sich an beiden Enden flaschenartig erweiterten, $2^3/_4$ Fuss Durchmesser und 6 Fuss Länge hatten. Sie wurden horizontal über einem Roste angebracht und ganz von Mauerwerk umgeben, um so den durch Ausstrahlung veranlassten grossen Wärmeverlust zu vermeiden, welchen der erste Apparat erlitten hatte. Die Rostfläche betrug 10,4 preuss. (11 engl.) □Fuss und die Heizfläche

für den Wind 51,9 preuss. (55 engl.) □Fuss. Auch erhielt jede Form ihren besonderen Apparat. Die Temperatur des Windes stieg nunmehr auf 138° C. (280° F.).

Einen noch höheren, bis 315½° C. (600° F.) steigenden Effect erreichte Neilson durch Einrichtung cylindrischer Röhren von Gusseisen, 18 Zoll im Durchmesser, horizontal liegend, mit Flanschen verbunden. Sie bildeten zusammen einen Strang von 97 preuss. (100 engl.) Fuss mit einer Heizfläche von 226,3 preuss. (240 engl.) □Fuss für jede Form. Die zugehörige Rostfläche betrug 26,4 preuss. (28 engl.) □Fuss. Fünf Roste waren im Ganzen für zwei Formen vorhanden.

Solche einen bedeutenden Raum in Anspruch nehmende Apparate, bei denen im Wesentlichen nur die gewöhnliche Windleitung an mehreren Stellen von Mauerung umgeben und durch Rostfeuerung erhitzt war, sind ausser auf der Clyde-Hütte in Schottland, auch in Frankreich auf den Hochöfen zu la Voulte, wo auf jede Form ein Rost kam, und zu Vienne, wo auf zwei Formen drei Roste kamen, sowie in Schweden zu Brefven, wo der Röhrenstrang nicht einfach horizontal, sondern mehrfach gebrochen aufsteigend construirt war, angewendet worden, jetzt aber ganz ausser Gebrauch gekommen [1]).

Es war so der erste Apparat zur Erzeugung eines heissen Windes gewonnen, aber er zeigte auch sofort Mängel, welche man bei kaltem Winde nicht gekannt hatte. Marten [2]) führt sie an, indem er bemerkt: „Mit der Verlängerung der Erhitzungsröhren bei einem zugleich complicirteren Apparat entstand eine Schwierigkeit, welche als äusserst nachtheilig anerkannt, doch dem Erfindungsgeiste einer ganzen Generation von Hochofenmeistern trotzte. Sie entstand aus der unregelmässigen und nicht compensirten Expansion und Contraction der Röhren, deren Folge ein Undichtwerden der Verbindungsstellen war. — Wollte man dies Undichtwerden der Verbindungsstellen (*the leakage at the joints*) durch Anbringung eines festen gusseisernen Ringes verhindern, so veranlasste man den Bruch der Röhren selbst, einen viel schlimmeren Fehler.“ Uebrigens aber waren die Vortheile des erhitzten Windes so gross, dass man selbst diese Nachtheile gern in den Kauf nahm.

Gerade bei einer fortlaufenden Tour von Röhren war ein Ausweichen nicht möglich und deshalb mehr als in anderen Fällen ein Undichtwerden die unmittelbare Folge. Zudem lagen die Verbindungsstellen alle im directen Feuer, und die Dichtungsmittel waren wie die Röhren selbst den schon beim Schüren stets stark wechselnden Temperaturen ausgesetzt.

In Folge dieser Mängel kam denn Neilson endlich auf den sogenannten „Zwillings-Röhrenapparat“ (*cast iron tubular oven*), welcher für die meisten später erfundenen Apparate die Grundlage der Construction abgiebt. Mit ihm brach sich die allgemeine Verbreitung des erhitzten Windes Bahn und vollzog sich auf den meisten Hüttenwerken Eng-

[1]) Vergl. Merbach, Taf. IV bis VII. — [2]) Op. cit. p. 65.

lands, Deutschlands und Frankreichs in den Jahren 1831 bis 1838. Diese Apparate bestehen im Wesentlichen aus zwei horizontalen, parallel zu einander liegenden Röhren, welche durch eine Reihe auf- und absteigender, also heberartig gebogener Röhren mit einander verbunden sind, so dass stets ein den Wind aufwärts führendes Rohr oder Rohrstück mit einem abwärts führenden zu einem Paare (Zwillinge) verbunden ist.

Neben diesem Apparate und zu derselben Zeit wurde zu Wasseralfingen in Würtemberg ein Apparat erfunden, dessen wesentlichste Eigenthümlichkeit darin bestand, dass eine grössere Zahl von parallel zu einander liegenden Röhren durch Kniestücke abwechselnd zu einer oder mehreren Schlangen verbunden waren, ein Apparat, der ebenfalls die Grundlage der Construction einer zweiten Reihe von Vorrichtungen abgab, welche man mit dem gemeinschaftlichen Namen der Schlangenröhren-Apparate bezeichnen kann.

Während das Princip der Zwillingsröhren-Apparate darin besteht, dass der Wind aus einem horizontalen Rohre in einer ganzen Gruppe von Röhren oder Rohrtheilen aufwärts steigt und in den zugehörigen Zwillingsröhren zu einem zweiten Horizontalrohr abwärts geht, also im Wesentlichen jedes Windtheilchen nur bei einmaligem Auf- und Absteigen der Erhitzung ausgesetzt wird, so liegt das Wesen der Schlangenröhren-Apparate darin, dass der Wind in zahlreichen schlangenförmig verbundenen Röhren entlang geht, also jedes Windtheilchen mehr als zweimal den Erhitzungsraum durchläuft.

Wie es indessen bei den Zwillingsröhren-Apparaten häufig vorkommt, dass der Wind aus dem zweiten Hauptrohre zurück in eine zweite Abtheilung des ersten geführt wird, dass also dasselbe Windtheilchen auch hier mehr als zweimal den Erhitzungsraum durchläuft, ja dass schliesslich Apparate entstehen, welche vollständig zu den Schlangenapparaten im Principe gehören, obschon sie der Form nach noch den Zwillingsröhren-Apparaten zufallen, so finden wir auch umgekehrt zahlreiche Uebergänge, welche die Form der Schlangenröhren mit dem Principe der Zwillingsröhren mehr oder weniger vereinigen. Einen meist entschiedener ins Auge fallenden Unterschied bedingt die Lage der Röhren. Dieselben haben entweder eine ganze oder nahezu verticale Stellung (stehende Röhren) oder liegen ganz oder nahezu horizontal (liegende Röhren). Aber auch dieser Unterschied ist oft nur ein äusserlicher, und zwei derartige Apparate sind in ihren Principien zuweilen weit ähnlicher als zwei Zwillingsröhren-Apparate [1]. Man erwarte daher in der Eintheilung des

---

[1]) Merbach hat in seinen Erläuterungen der vorzüglichsten Apparate zur Erwärmung der Gebläseluft ein System von 17 verschiedenen Arten aufgestellt, ohne dass dies gerade die Uebersichtlichkeit erleichterte (s. S. 4 u. f.). In vielen Fällen dürften wir Deutschen im Gegensatz zu den zu wenig classificirenden Engländern in der Technik zu sehr schematisiren und dadurch ebenso wie diese der Klarheit der Sache schaden. Der Bearbeiter hat sich bemüht, die Mitte einzuhalten.

Folgenden kein durchaus logisches System, sondern nur eine Anordnung zur Erleichterung des Nachschlagens für den Leser zu finden.

a. Winderhitzungs-Apparate mit stehenden Röhren.

α. Zwillingsröhren-Apparate.

Neilson's Apparat. Der erste Apparat dieser Art von Neilson bestand aus zwei in Mauerwerk eingeschlossenen Horizontal-Hauptröhren (*mains*), zwischen denen sich der tiefer gelegene Rost befand. Beide waren mit angegossenen Muffen versehen, welche aus dem Mauerwerk herausragten und in welche die Enden der halbkreisförmig gebogenen Verbindungs- oder Zwillings-Röhren (*arch-pipes*) passten. Das Ganze war überdeckt durch ein Tonnengewölbe aus Ziegelsteinen, auf dessen Scheitel sich eine kurze Esse befand. Der kalte Wind trat in das eine Hauptrohr, vertheilte sich in die Verbindungsröhren, in denen er bei seinem Uebergange von der Flamme erhitzt wurde, und trat am entgegengesetzten Ende aus dem zweiten Hauptrohre heiss aus.

Es wurde nun der Ofen mit drei Formen versehen, und jede erhielt ihren besonderen Winderhitzungsapparat (*hot-blast oven*), dessen Dimensionen folgende waren:

	engl.	
Durchmesser der Hauptröhren	12 Zoll	0,305 Meter
Länge jedes Hauptrohres	10 Fuss	3,048 „
Zwischenraum zwischen den Axen beider . .	6 „	1,829 „
Zahl der Verbindungsröhren	9.	
Innerer Durchmesser der Verbindungsröhren	4 Zoll	0,102 „
Aeusserer Durchmesser der Verbindungsröhren	7 „	0,178 „
Höhe vom Rost bis zur Unterkante der Verbindungsröhren	4 Fuss 4 Zoll	1,321 „
Heizfläche pro Form	150 □Fuss	13,935 □Meter
Rostfläche „ „	15 „	1,393 „

Man erreichte hier dieselbe Temperatur, wie in dem vorher von Neilson construirten Apparate, obwohl die Heizfläche noch nicht $^2/_3$ und die Rostfläche etwas über die Hälfte betrug, hatte demgemäss geringeren Brennmaterialverbrauch und ausserdem bei weniger durch Undichtigkeit veranlasstem Windverluste eine grössere Regelmässigkeit der Erhitzung. Die Undichtigkeit, welche der dem directen Feuer ausgesetzte Flanschenverband jener früheren Einrichtung stets zeigte, wurde bei dem neuen Apparate durch die grösstentheils von Mauerwerk geschützte Muffenverbindung vermieden, und die Erhitzung wurde dadurch eine weit gleichmässigere, dass jeder Apparat seinen eigenen unabhängigen Rost hatte [1]).

Aber trotz dieses entschiedenen Fortschritts zeigte der Apparat noch mancherlei Mängel. Die Muffenverbindungen wurden noch immer hin und

---

[1]) Marten, op. cit. p. 67.

wieder undicht, wenn man auch den Dichtungskitt möglichst fest stampfte, die gebogenen Röhren rissen, wurden durch Nachlässigkeit des Schürers oft überhitzt und verbrannten sogar ganz und gar; man konnte die Temperatur auf 316° C. (600° F.) nicht ohne Gefahr halten. Dazu kam, dass die Pressung des Windes durch Reibung bedeutend vermindert wurde und dass endlich in Folge der Nähe des Ofens an der Form zwischen diesem und dem Erhitzungsapparate eine für den Arbeiter unerträgliche Hitze entstand.

Hosenröhren-Apparate (*Syphon pipe oven*). Einigen dieser Uebelstände liess sich abhelfen. Man verlängerte die Verbindungsröhren und gab ihnen zwei gerade durch eine Curve verbundene Schenkel. Es entstand eine Form, welche wegen ihrer Aehnlichkeit mit einem Beinkleide dem Apparate die Benennung Hosenröhren-Apparat (im Englischen wegen der Aehnlichkeit mit einem Bierheber *syphon*, *syphon-pipe-oven*) einbrachte.

Die Schenkel (Beine, *legs*) der Röhren standen gegen einander etwas geneigt. So kam der Wind auf einem längeren Wege mit der Flamme in Berührung, konnte also ohne eine übermässige Erhitzung des Rohres hinreichende Hitze aufnehmen, während durch die weitere Entfernung der Fussenden von einander das Undichtwerden an den Muffen mehr als bei dem früheren Apparate verhindert wurde. Um nicht die Stichflamme zu direct auf das Gusseisen wirken zu lassen, legte man einen besonderen ausserhalb des Apparates befindlichen Rost an.

Zu gleicher Zeit ward ein derartiger Apparat von Firmstone auf der Lays-Eisenhütte bei Dudley und von Neilson auf der Calder-Eisenhütte in Schottland errichtet. Von diesem letzten haben alle ähnlichen Apparate auch den oft gebrauchten Namen Calder'sche erhalten. Es gelang nun den Wind auf 316° C. (600° F.) für drei Formen durch eine Feuerung zu erhitzen.

Die Dimensionen des Firmstone'schen Apparates waren folgende:

	engl.	
Hauptrohr	7½ Fuss	2,286 Meter
Zahl der Verbindungsrohre	9.	
Gesammt-Heizfläche	240 □Fuss	22,30 □Meter
Heizfläche für jede Form	80 „	7,43 „
Gesammt-Rostfläche	9 „	0,836 „
Rostfläche für jede Form	3 „	0,279 „

Dieser Apparat unterschied sich von dem Calder'schen nur dadurch, dass die Hosenröhren nicht kreisförmig, sondern oval im Querschnitt waren, eine für die Erhitzung selbstverständlich günstigere Form, auf welche wir weiter unten noch zurückkommen werden. Er wurde in anderen Gegenden noch weiter verändert und hat in der Form, unter welcher er als verbesserter Staffordshire-Apparat (*improved Staffordshire oven*) bekannt ist, folgende Dimensionen:

	engl.			
Länge innerhalb des Mauerwerks	16	Fuss	4,876	Meter
Breite „ „ „	$7\frac{1}{2}$	„	2,286	„
Zahl der Hosenröhren	16.			
Gesammt-Heizfläche	700	□Fuss	65,03	□Meter
Heizfläche pro Form	175	„	16,26	„
Gesammt-Rostfläche	35	„	3,251	„
Rostfläche pro Form	9	„	0,279	„

Die Schenkel der Röhren sind bei diesem letzten Apparate inwendig dicker als aussen im Eisen, da sie dort stärkerer Hitze ausgesetzt sind. Das Eintrittsrohr für den kalten Wind hat in seiner Mitte eine rechtwinklig zur Achse stehende Scheidewand, der Wind strömt daher durch acht Hosenröhren in das zweite Hauptrohr, welches an beiden Enden geschlossen ist und von dort zurück durch die folgenden acht Röhren in die zweite Hälfte des ersten Rohres, von wo er zu den Formen geführt wird. Man hat hier in der That zwei zu einem einzigen vereinigte Apparate [1]).

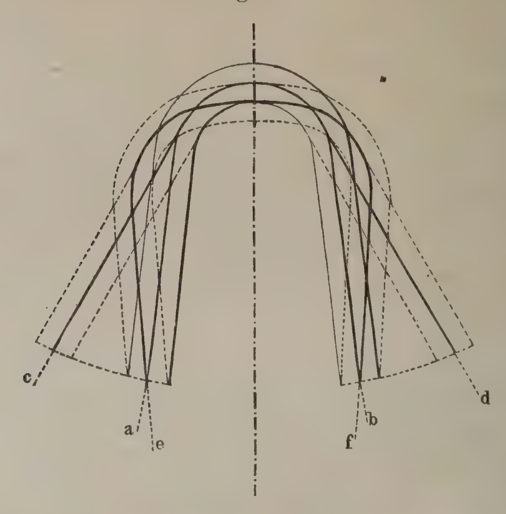
Der Bruch der Röhren hatte nun zwar durch die Verlängerung der Röhrenschenkel abgenommen, aber keineswegs aufgehört. Solcher Bruch ist aber ein nicht gering zu veranschlagender Nachtheil, wenn man an die Productionskosten des Windes denkt. Auf den ersten Augenblick scheint die praktische Erfahrung auffallend, dass die Röhren stets am convexen, nach oben gekehrten Theil des Bogens reissen. Würde das Rohr ganz frei hängend erhitzt werden, so würden sich seine Schenkel von einander entfernen, es würde sich der geraden Linie mehr und mehr nähern; denn der kürzere dem Feuer zuliegende Bogen dehnt sich in Folge der stärkeren Erhitzung mehr aus als der äussere. Wenn nun aber die beiden Enden des Rohres unverrückbar festgestellt sind, so wird der obere Abstand der Schenkel beim Erhitzen wachsen, der Scheitel des verbindenden Bogens herabgezogen und der Bogen flacher werden; es muss demnach der äussere Bogen, obwohl weniger heiss, doch eine stärkere Ausdehnung erleiden, als der innere, und in Folge dessen eher reissen als dieser. Fig. 67 (a. f. S.), in welcher ab die Axe der ursprünglichen Form, cd die der Form des Rohres beim Erwärmen im Falle des Freihängens, ef die der Form beim Festhalten der Schenkelenden in übertriebenem Maassstabe bezeichnen, wird dies anschaulich machen.

Es sind Vorschläge und auch Ausführungen gemacht worden, welche diesen Nachtheil beseitigen sollten. Sie sind aber so complicirter Art, dass sie keine grosse Verbreitung gefunden haben, noch auch finden werden. Man hat nämlich eins der Hauptrohre auf gusseiserne Rollen gelegt, durch welche eine Freiheit der Bewegung erzielt wurde, vermöge deren die Röhren sich unten wie oben ausdehnen können. Auch gusseiserne Kugeln [2]) sind mit Erfolg hier angewendet worden. Es ergab

[1]) Joined „end on“, wie man im Englischen, gekuppelt, wie man im Deutschen sagt. — [2]) Wie man sie auch als Unterlagen für Drehscheiben anwendet.

sich hierbei, dass das bewegliche Rohr seine Stellung um 2 Zoll veränderte. Man hat diesen Ausschlag zugleich als Pyrometer benutzt, indem man ihn durch Fühlhebelcombinationen auf einen Zeiger übertrug; auch

Fig. 67.

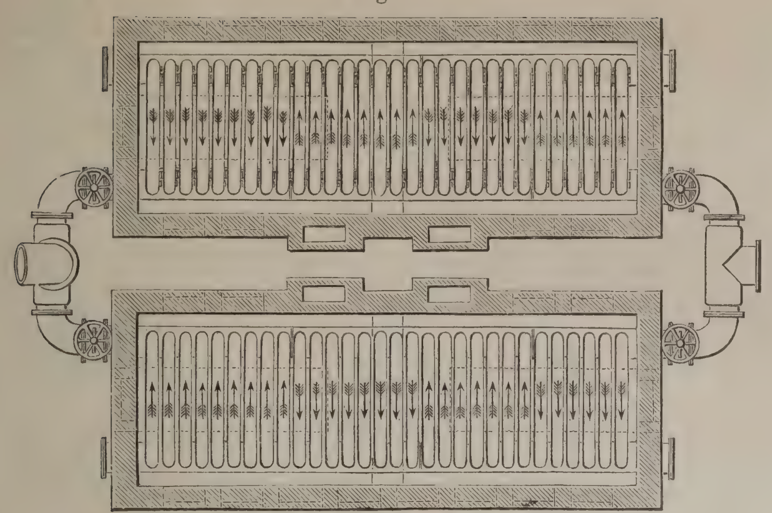


hat man versucht, hierdurch die Temperatur zu reguliren, indem man die Bewegung auf die Registerklappe an der Esse übertrug und somit den Zug und die Stärke des Feuers variirte. Alle diese Constructionen haben, abgesehen von ihrer Complication, den Nachtheil, dass die Beweglichkeit des Apparates bald durch angesetzten Staub und Schlacke vermindert oder ganz gestört wird, und das Hauptrohr bei eintretender Temperaturerniedrigung der Contraction nicht folgen kann. Es tritt in Folge dessen die umgekehrte Wirkung wie bei festliegenden Röhren ein, das Rohr reisst am inneren Bogen.

Man ging daher wieder zu den festliegenden Hauptröhren zurück, construirte aber die Schenkel der Verbindungsröhren senkrecht, die Curve am Kopfe demgemäss halbkreisförmig. Bei dem elliptischen Querschnitt blieb man stehen. So entstand diejenige Art von Hosenröhren-Apparaten, welche heutigen Tages am häufigsten in Gebrauch ist, obschon sich auch jetzt noch viele Hüttenleute finden, welche die vortheilhaftere Erhitzung bei geneigten Schenkeln für überwiegend gegen den Nachtheil des leichteren Reissens halten und letzteren durch sorgfältige Heizung und gute Aufsicht auszugleichen streben.

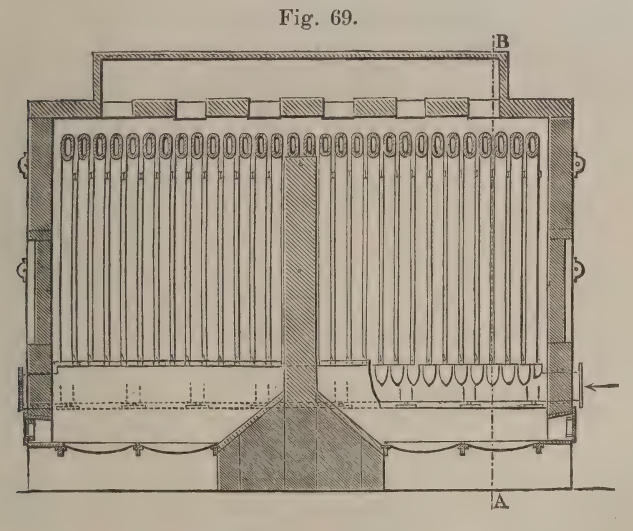
Zuweilen hat man aber auch die verticale Stellung der Schenkel mit der Beweglichkeit der Hauptröhren combinirt. Einen derartigen doppelten Hosenröhren-Apparat mit verticalen Schenkeln, welcher auf den Werken der New-British-Iron-Company zu Corngreaves von Kenyon Blackwell errichtet ist, stellen die folgenden Figuren 68 bis 72 dar. Beide

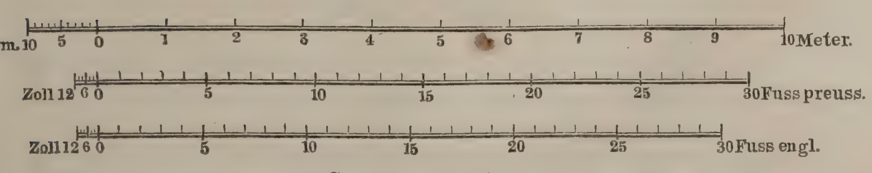
Fig. 68.



Hosenröhren-Apparat zu Corngreaves. Horizontalschnitt über den Köpfen der Hosenröhren.

Fig. 69.

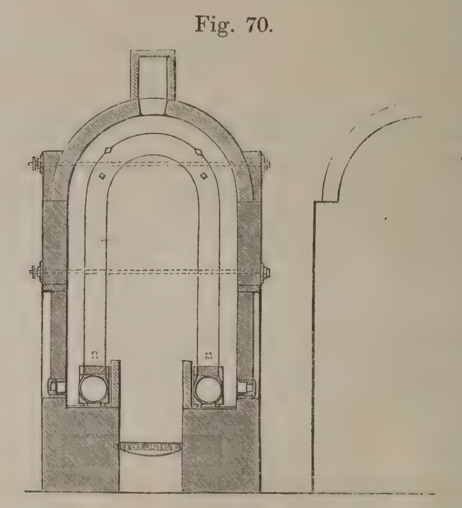




Winderhitzungs-Apparat zu Corngreaves. Längsschnitt durch das Centrum

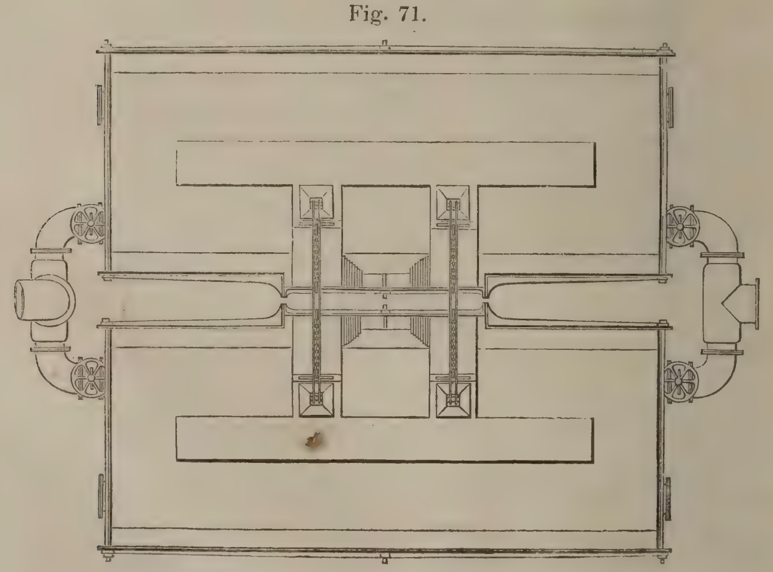
Hauptröhren sind beweglich. Man sieht aus Fig. 70, dass sie auf gusseisernen Rollen ruhen. Jedes einzelne System besteht aus zwei Abtheilungen, deren jede wieder einen gekuppelten Apparat bildet und ihre besondere für Steinkohlen eingerichtete Feuerung besitzt. Die Pfeile deuten die Windrichtung in den Köpfen der Hosenröhren an. Im Uebrigen dürften die Figuren keine weitere Erläuterung erfordern.

Fig. 70.



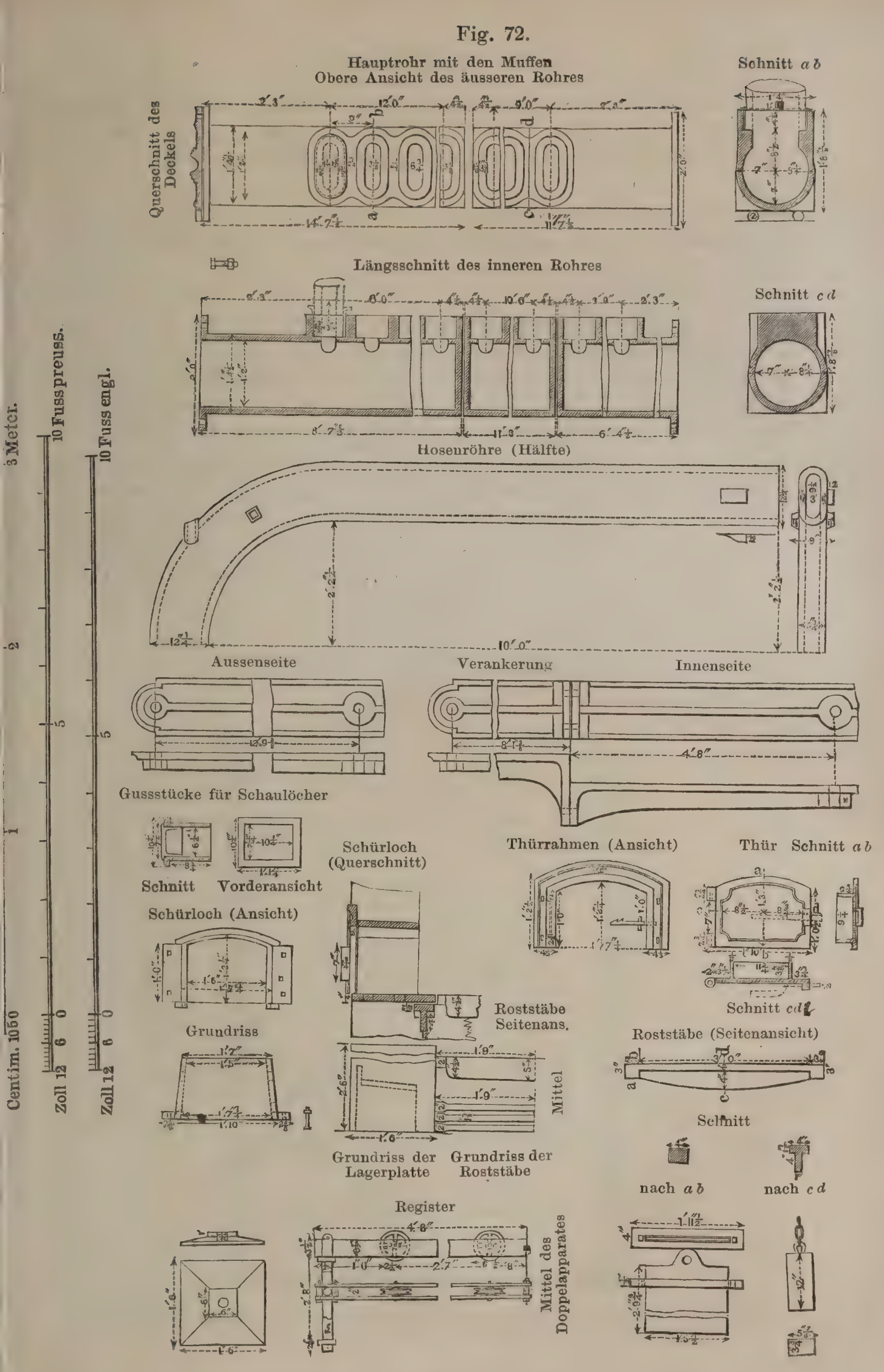
Winderhitzungs-Apparat zu Corngreaves. Querschnitt nach Linie *A B* der Fig. 69.

Fig. 71.



Winderhitzungs-Apparat zu Corngreaves. Obere Ansicht.

Fig. 72.

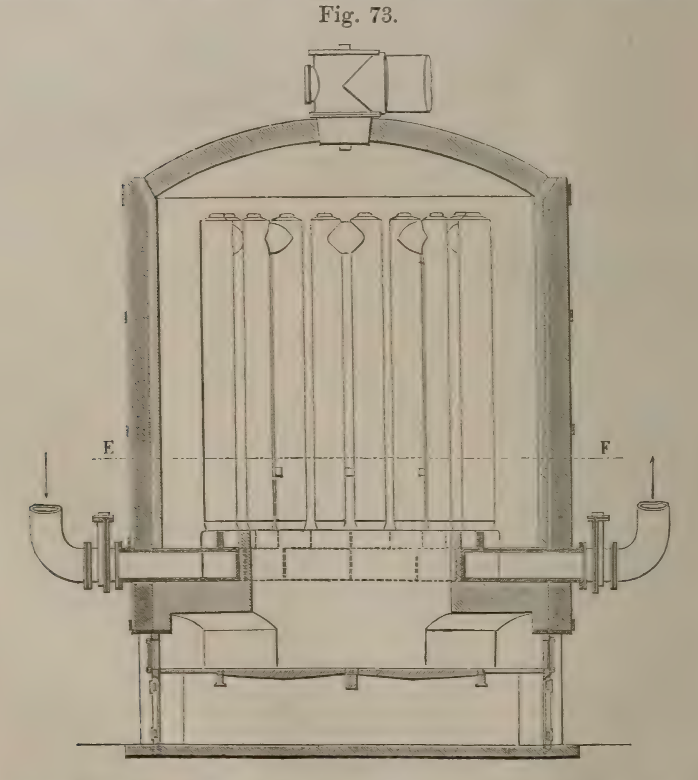


Details des Winderhitzungs-Apparates zu Corngreaves.

Um die Wärme noch besser auszunutzen, hat man zuweilen zwei, auch drei concentrische Hosenröhren angelegt, so dass gleichsam zwei oder drei mantelartig sich umhüllende Röhrengewölbe entstehen.

Fusskasten-Apparate (*box-foot pipe oven*). Schon bei der zuletzt geschilderten Art von Apparaten ist jedes Hauptrohr mehrfach getheilt. In Fig 68 z. B. sieht man, dass der von rechts kommende kalte Wind in eine Abtheilung des nach innen liegenden Hauptrohres tritt, aus welcher ihn sechs Hosenröhren in das äussere Hauptrohr führen. Von dort geht er in sieben Hosenröhren zurück, geht durch acht Hosenröhren abermals in das äussere Hauptrohr und endlich durch neun Hosenröhren in die letzte Abtheilung des inneren Hauptrohres. Mithin muss das innere Rohr in drei, das äussere in zwei Abtheilungen durch Scheidewände getheilt sein. Wenn man dies Princip der Theilung in den Hauptröhren zum Aeussersten fortführt, so gelangt man dahin, den Wind stets durch eine Hosenröhre von dem ersten nach dem zweiten und durch die folgende von dem zweiten nach dem ersten Hauptrohre zurückzuführen. In diesem Falle werden also nur die Enden von je zwei Hosenröhren in dieselbe Abthei-

Fig. 73.

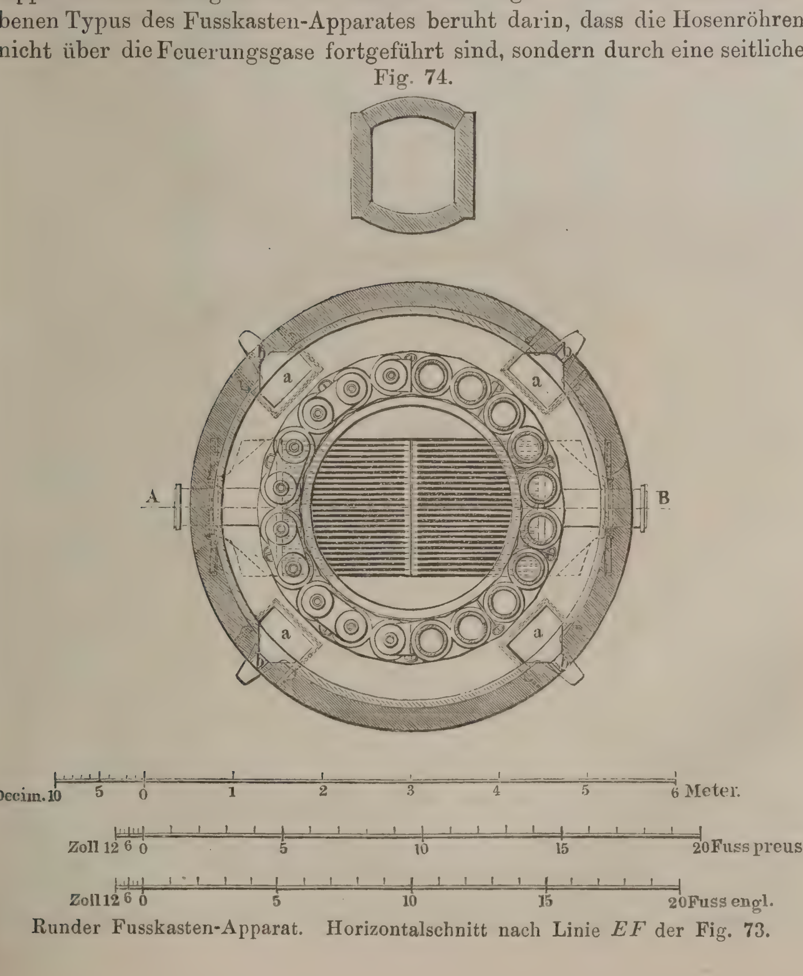


Runder Fusskasten-Apparat. Verticalschnitt nach Linie AB der Fig. 74.

lung des Hauptrohres einmünden. Es wird dann unzweckmässig für die Ausführung des Apparates, runde Hauptröhren zu wählen; man zieht deshalb Kästen von quadratischem Querschnitt vor und nennt die mit solchen Kästen versehenen Winderhitzungsöfen Fusskasten-Apparate. Man findet derartige Apparate nur selten, weil sie unzweckmässig sind. Der Wind wird zwar sehr stark erhitzt, aber entweder müssen die Röhren sehr weit sein, oder man muss viele Apparate haben, um das nöthige Quantum Wind hindurchführen zu können; ferner erleidet die Geschwindigkeit des Windes durch das stete Umbiegen um 180^0 so viel Reibungsverlust, dass man den Apparat in keiner Weise empfehlen kann. Er ist gewissermaassen nur eine sehr schlechte Modification des weiter unten beschriebenen Schlangenröhren-Apparates.

Wir können daher auch über die verschiedenen Modificationen dieses Apparates kurz fortgehen. Die erste Abweichung von dem soeben beschriebenen Typus des Fusskasten-Apparates beruht darin, dass die Hosenröhren nicht über die Feuerungsgase fortgeführt sind, sondern durch eine seitliche

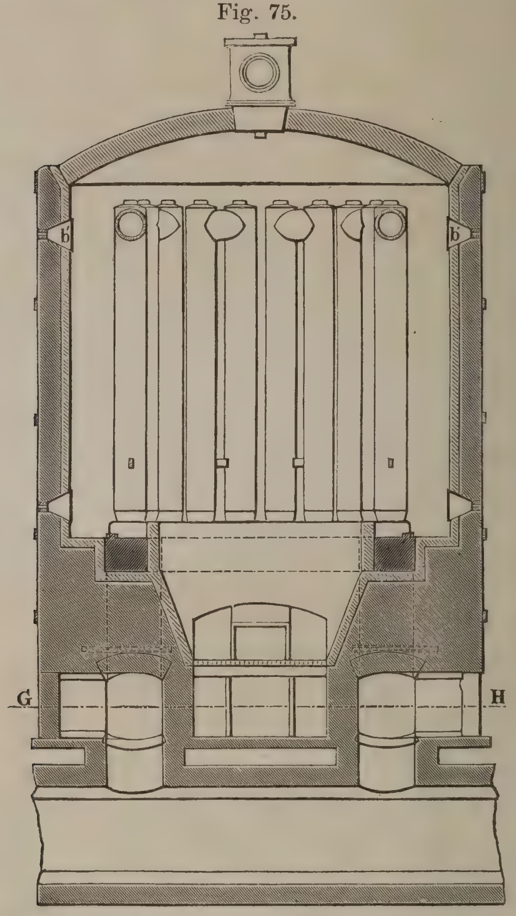
Fig. 74.



Runder Fusskasten-Apparat. Horizontalschnitt nach Linie *EF* der Fig. 73.

Drehung um 90⁰ eine Verbindung der verschiedenen Abtheilungen desselben Hauptrohres bilden. Bei derartigen Constructionen hat man

Fig. 75.



Runder Fusskasten-Apparat. Verticalschnitt nach Linie *CD* der Fig. 76.

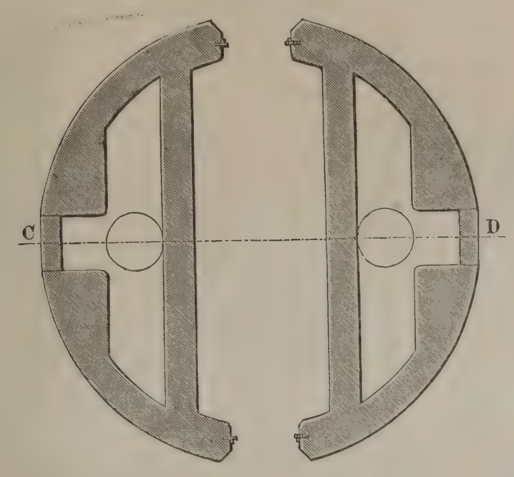
dann runde oder ovale Oefen gewählt, so dass die Röhren den Raum, in welchem die heissen Gase der Feuerung aufwärts strömen, ringförmig umgeben. Ein solcher Ofen von runder Form ist in den Figuren 73 bis 76 abgebildet. Dieser Ofen ist zu Highfields Foundry bei Bilston in Süd-Staffordshire errichtet.

Die Röhren sind paarweis gegossen und haben statt des Bogens ein horizontales Verbindungsstück, welches die Reibung natürlich nur vermehren muss. Die schlechte Ausnutzung der Wärme, welche hier auf der Hand liegt, regte Marten zu der Idee an, einen inneren Mauerkern anzubringen, und er führte dies auch auf den Parkfield-Oefen bei Wolverhampton bei einem oval angelegten Ofen aus. Dieser letzte Ofen war

sehr gross, hatte 36 Röhrenpaare mit 1350 □ Fuss engl. = 1273 □ Fuss preuss. Heizfläche und gab 427^0 C. (800^0 F.) warmen Wind für sieben



Fig. 76.



Fusskasten-Apparat. Horizontalschnitt nach *GH* der Fig. 75.

Formen, ja 1858 wurde ein solcher von 40 Röhrenpaaren und 1500 □ Fuss engl. = 1415 □ Fuss preuss. Heizfläche für sechs Formen errichtet. Doch gesteht auch Marten, dass er in Zukunft mehrere kleinere einem so grossen Ofen vorziehen werde [1]).

Mit den früheren Apparaten waren bei Anwendung der nicht backenden Kohle von Staffordshire für 20 Centner Roheisen 8 bis 10 Centner erforderlich, um den Wind auf 160^0 C. (320^0 F.) zu bringen, während bei dem grossen ovalen Ofen 5, auch $4\frac{1}{2}$ Centner genügten, um den zur Erzeugung von 20 Centner Roheisen erforderlichen Wind auf 427^0 C. (800^0 F.) zu bringen.

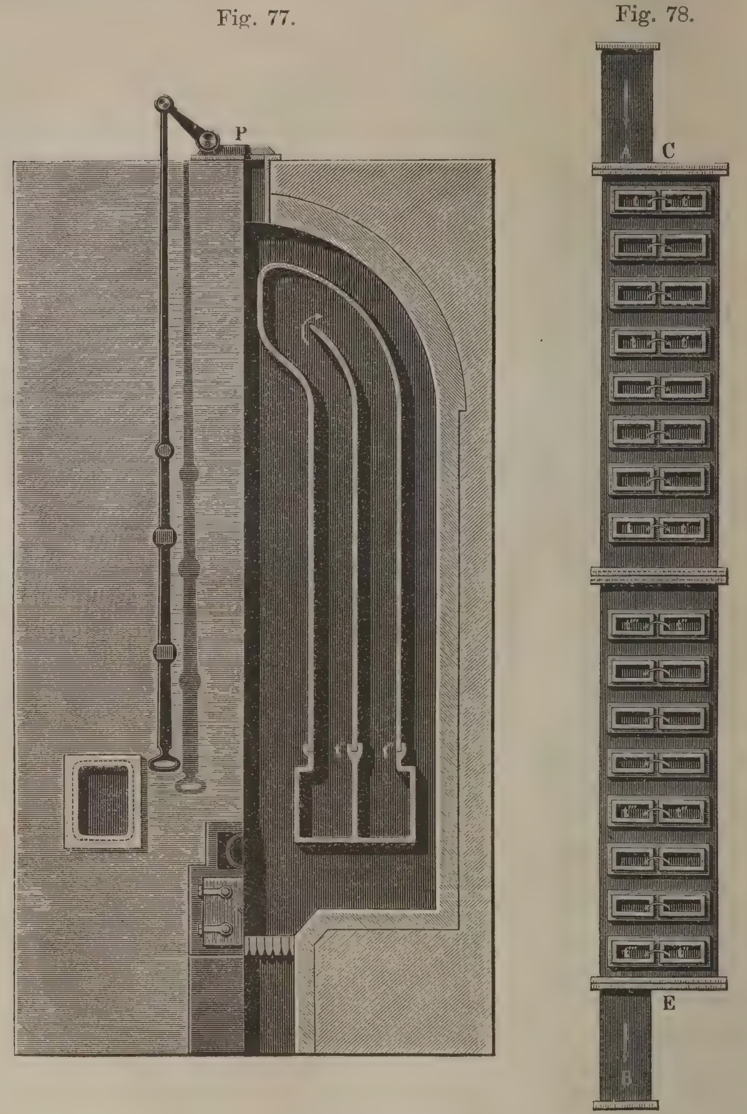
Pistolenröhren-Apparate. An diese letzte Art von Oefen schliessen sich die Pistolenröhren-Apparate an [2]). Sie sind zuerst in Gartsherrie in Schottland eingeführt und haben sich von dort auf viele englische und deutsche Werke verbreitet. Die Figuren 77 bis 79 (a. f. S.) stellen einen solchen Apparat dar. Man hat hier die Hosenröhren gleichsam in zwei Theile zerlegt, dadurch die schwache Stelle jener, den Verbindungsbogen, vermieden und doch ihre zur Erhitzung so geeignete Gewölbform beibehalten. Jedes Rohr ist durch eine nicht ganz bis zum

---

[1]) Percy verweilt, wie es scheint, mit grosser Vorliebe bei der Beschreibung dieser Oefen und stellt ihre Wirkungsweise als *very satisfactory* dar. Sie mögen mit Rücksicht auf ihre unvollkommene Construction sehr zufriedenstellend arbeiten, aber gewiss nicht im Vergleich mit anderen Apparaten. — [2]) Die erste Mittheilung und Abbildung von denselben wurde durch den Bearbeiter in der Schles. Wochenschrift 1860 Nr. 46 gegeben.

Kopfe reichende Scheidewand in zwei Hälften getheilt, in deren einer der Wind aufsteigt, während er in der anderen herabkommt. In dem

Fig. 77. Fig. 78.



Pistolenröhren-Apparat.

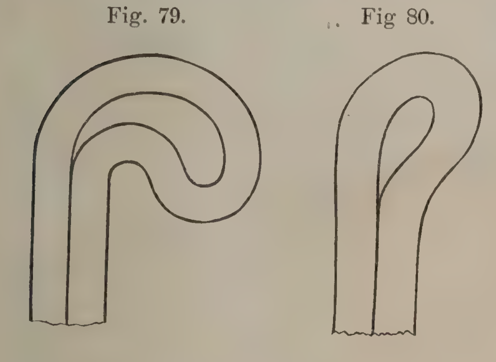
hier dargestellten Apparat sind 16 Pistolenröhren (wegen ihrer äusseren Aehnlichkeit mit einer Pistole so genannt) auf jedem Horizontalrohr in Kästen aufgesetzt, welche wieder je zwei Abtheilungen bilden. In den der Windeinströmung (*A*) zunächst liegenden acht Röhren steigt der Wind

in der inneren Abtheilung (t) aufwärts und in der nach der Mauer zuliegenden Abtheilung (t') abwärts. Demgemäss ist der Fusskasten auch in zwei Abtheilungen durch eine Längswand geschieden. Aus der zweiten unter t', t' ... gelegenen Abtheilung strömt der Wind in die unmittelbar damit verbundene Abtheilung der Verlängerung des Fusskastens, welche unter $t'' t''$ ... liegt, steigt in den nach der Wand gelegenen Abtheilungen $t'' t''$... der folgenden acht Pistolenröhren aufwärts und in $t''' t'''$... wieder abwärts, wo er hinreichend erhitzt (aus B) entweicht und sich mit dem auf ganz entsprechende Weise durch die gegenüberliegende Röhrenreihe erwärmten Winde vereinigt.

Diese Apparate vermeiden, wie gesagt, vollständig den Uebelstand der Hosenröhren-Apparate, welcher durch Springen an dem Bogenstücke entsteht, sie haben ferner gegen die gewöhnlichen Fusskasten-Apparate mit senkrechten Röhren den Vorzug, die Wärme besser auszunutzen, und sie haben sich demgemäss auch ausgedehnten Eingang verschafft, ja auf vielen Werken die Hosenröhren-Apparate verdrängt.

Die Pistolenröhren-Apparate haben aber dennoch einen Nachtheil; sie geben an den Köpfen der Röhren, wo der Wind plötzlich um 180° umbiegen muss, mehr Veranlassung zu bedeutender Reibung des Luftstromes als die Hosenröhren. Man hat diesen Uebelstand dadurch zu verbessern versucht, dass man dem Kopf der Röhren die Schleifenform der Fig. 79 oder der Fig. 80 gab, aber man hat dadurch eine so ungünstige Form hinsichtlich der Spannung des Gussstücks hervorgerufen, dass man kaum einen Vorzug gegen die Hosenröhren erlangt haben dürfte.

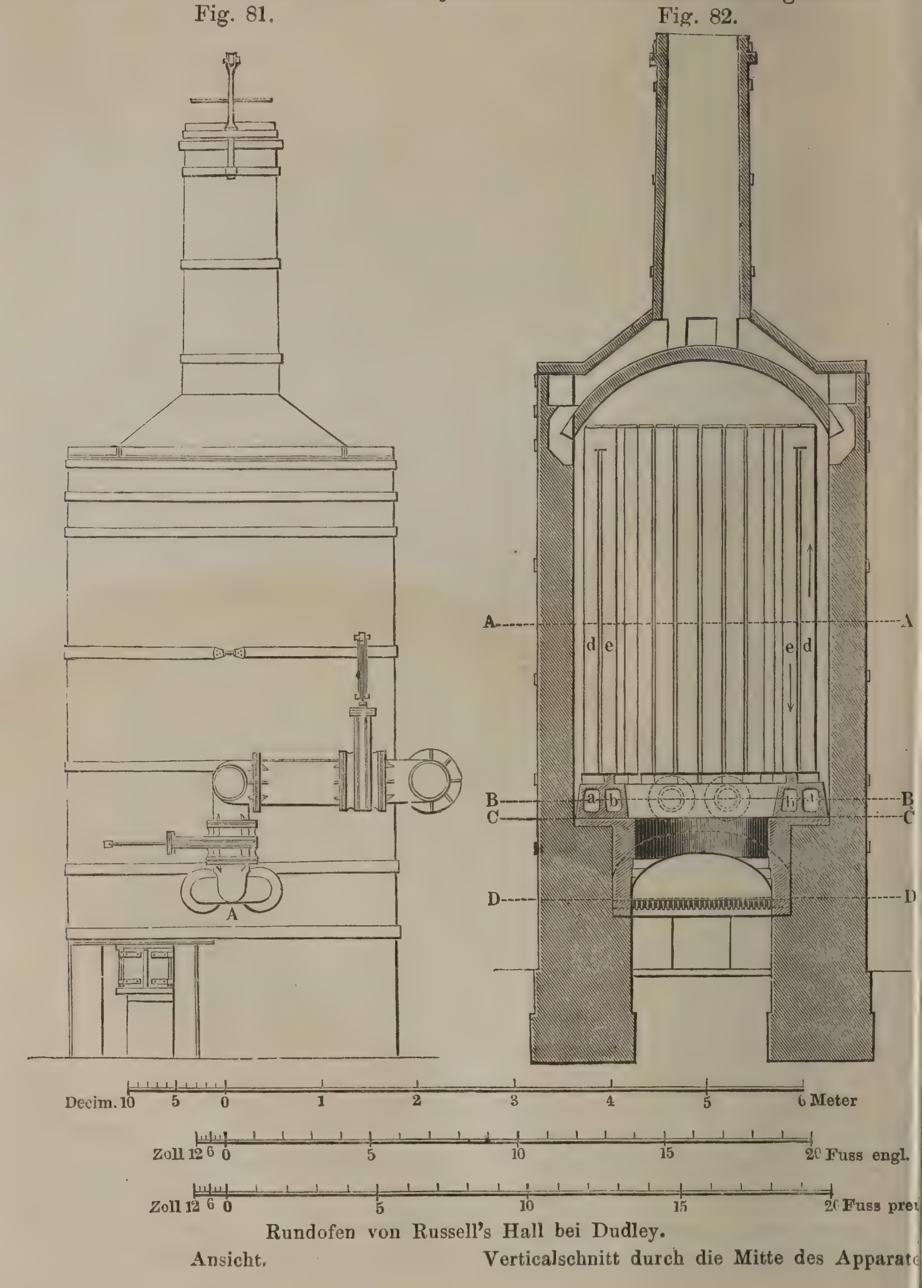
Fig. 79. Fig 80.



Rundöfen. Ein Mittelglied zwischen diesen Pistolenröhren-Apparaten und den runden Fusskasten-Apparaten bilden diejenigen runden Apparate, welche in der Art angeordnet sind, wie dies die Figuren 81 bis 88 (S. 112 u. 113) zeigen. Hier sind die beiden Röhrentheile zwar getrennt, wie bei den gewöhnlichen Fusskasten-Apparaten, aber die Stellung des ab- und aufsteigenden Zweiges gegen einander ist wie bei den Pistolenröhren-Apparaten, d. h. rechtwinklig zu den Ofenwandungen, nicht parallel zu denselben wie bei jenen. Der hier abgebildete Apparat ist zu Russell's Hall bei Dudley errichtet. Der gusseiserne Fusskasten ist in zwei halbkreisförmige Hauptabtheilungen (Fig. 87) getheilt, welche den beiden parallelen Hauptröhren des Pistolenröhren-Apparates ent-

sprechen. Der Wind strömt bei *A* (Fig. 81 und 87) ein, geht in die beiden Abtheilungen *a* und *a'*, tritt durch die Zwillingsröhren auf- und absteigend nach *b* und *b'*, von dort durch jede zweite Hälfte der Zwillingsröhren

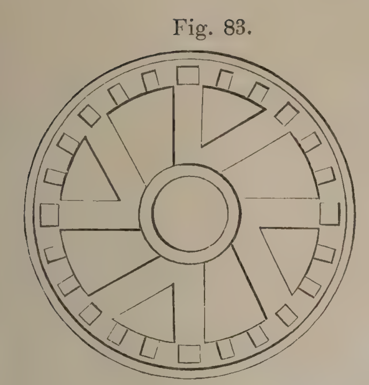
Fig. 81. Fig. 82.



Rundofen von Russell's Hall bei Dudley.

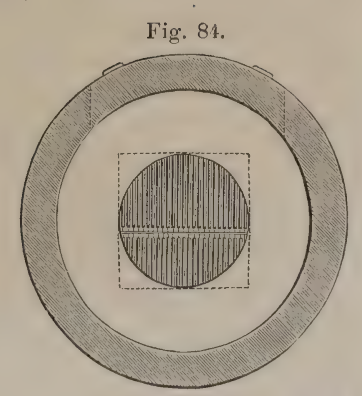
Ansicht. Verticalschnitt durch die Mitte des Apparat

Fig. 83.



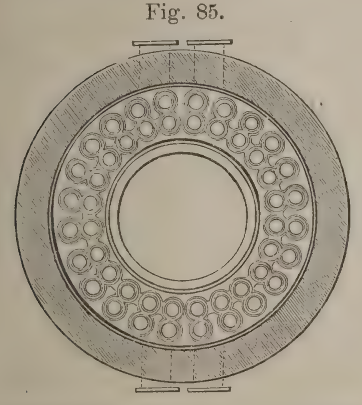
Horizontalschnitt durch die Feuercanäle am oberen Ende des Apparates.

Fig. 84.



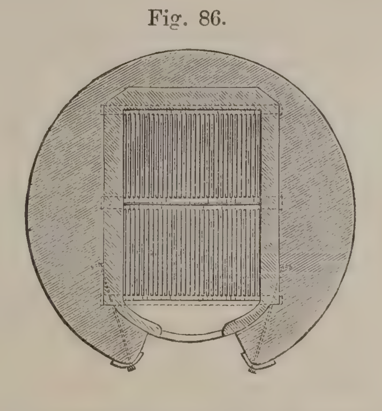
Horizontalschnitt nach *CC* der Fig. 82.

Fig. 85.



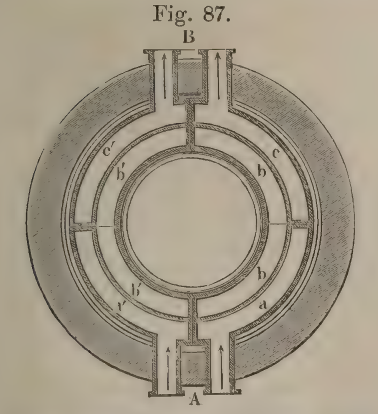
Horizontalschnitt nach *AA* der Fig. 82.

Fig. 86.



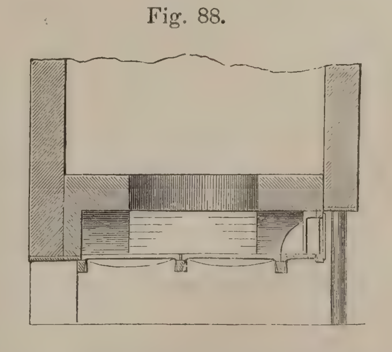
Horizontalschnitt nach *DD* der Fig. 82.

Fig. 87.



Horizontalschnitt nach *BB* der Fig. 82.

Fig. 88.



Verticalschnitt durch den Feuerraum in der Richtung der Roststäbe.

Rundofen von Russell's Hall bei Dudley.

nach c und c' und entweicht erhitzt aus B. Der Rost ist beinahe quadratisch, aber derartig überwölbt, dass die Flamme nur durch ein kreisförmiges Loch entweichen kann, um die Röhren zu erhitzen. Damit die Flamme indessen nicht in dem von Röhren freien mittleren Centrum unwirksam aufsteige, hat man ein doppeltes Gewölbe angebracht (Fig. 82). Das untere hat rings am Rande des Ofengemäuers Oeffnungen, welche als Züge dienen (Fig. 83), und das obere ist in der Mitte mit einer kurzen Esse versehen. Die Dimensionen sind hinreichend aus den Figuren ersichtlich. Marten giebt als den Erfinder dieses Apparates Martin Baldwin zu Bilston in Süd-Staffordshire an, welcher 1851 den ersten derartigen Apparat errichtete. Dieser Apparat hat durch seine Zugführung die Mängel, welche er hinsichtlich der Wärmeausnutzung gegen den Pistolen-Apparat haben würde, ziemlich glücklich ausgeglichen, während die leichtere Anfertigung seiner geraden Röhren ihn minder kostspielig macht.

Natürlich ist die Reibung der Luft bei den vielen rechtwinkligen Umbiegungen ebenfalls sehr bedeutend.

Hängende Röhren-Apparate. Den Nachtheil einer geringen Dauerhaftigkeit im Knie, welchen die Zwillingsröhren dann bieten, wenn sie fest liegen, und den man durch die Beweglichkeit eines oder beider Hauptrohre zu vermeiden gesucht hat, beseitigte man bei kleineren Winderhitzungs-Apparaten für Frischfeuer und Cupoloöfen schon sehr früh dadurch, dass man die Röhren aufhing.

Erst in neuester Zeit hat man von diesem Principe auch für Hochofen-Winderhitzungsapparate Gebrauch gemacht.

Der erste Apparat dieser Art scheint auf Georg-Marien-Hütte in Preussen ausgeführt zu sein, doch ist über ihn nichts in die Oeffentlichkeit gelangt, als dass er nach dem Principe des Langen'schen Erzeugers überhitzten Dampfes aus doppelwandigen Röhren construirt sei.

Sodann wurde auf der Königshütte ein Apparat gebaut[1]), der in den Figuren 89 bis 92 dargestellt ist. Man sieht, es ist gewissermaassen ein umgekehrter Pistolenapparat, mit dem Unterschiede, dass nicht jeder Strang für sich arbeitet, sondern der Wind der Quere nach die beiden Zwillingsröhren durchströmt.

Der kalte Wind tritt von dem Hauptrohre Q durch die beiden Stutzen P in das unter dem Hauptrohre liegende Vertheilungsrohr O, um von da abwärts durch a', aufwärts durch b', dann durch das Verbindungsstück c, abwärts durch a, aufwärts durch b zu gehen und sich in dem Hauptrohre N wieder zu vereinigen, von wo er durch die beiden Zweige M nach dem Hauptleitungsrohre des heissen Windes N geht. Hier ist die Spannung

---

[1]) Derselbe ist nach der Idee des Bearbeiters dieses Werkes von dem Hüttenamt zu Königshütte ausgearbeitet und in einer für die Praxis zweckmässigen Weise construirt worden. Aus diesem Grunde findet man diese Gattung von Apparaten auch wohl nach dem Namen des Bearbeiters benannt.

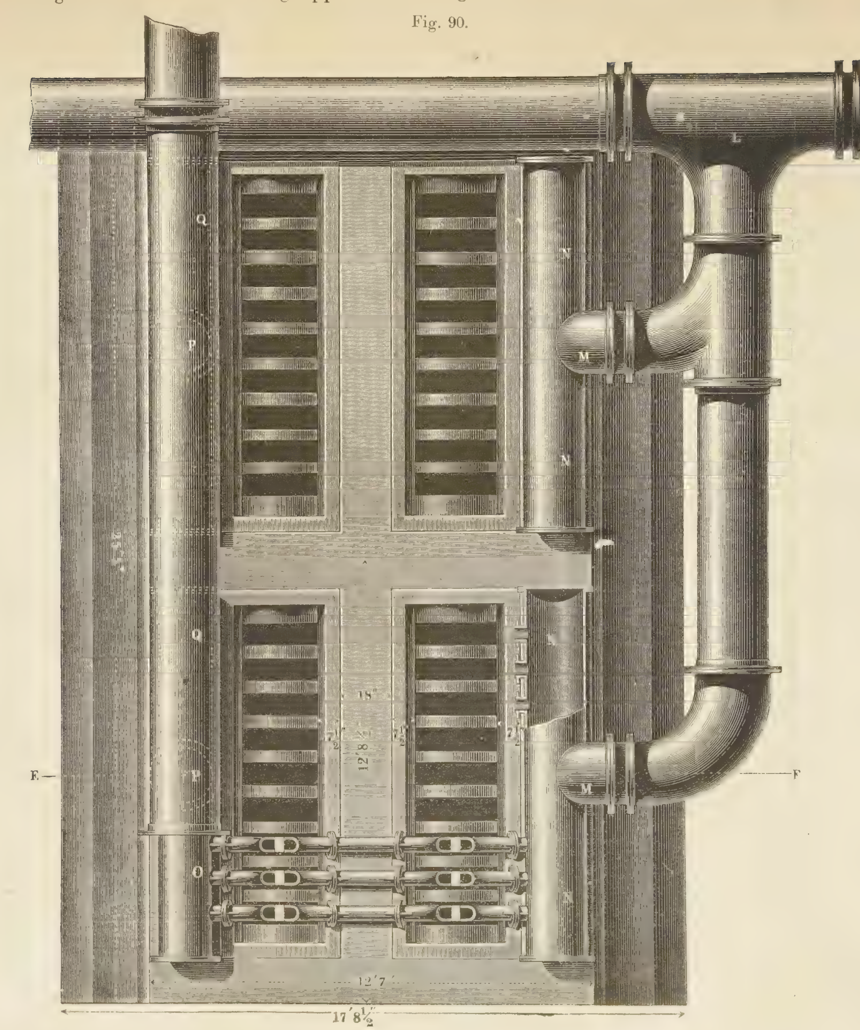


Hängeröhren-Winderhitzungsapparat zu Königshütte.

Fig. 89.

Verticalschnitt nach Linie *EF* (Fig. 90).

Fig. 90.



Obere Ansicht (nach theilweiser Entfernung der Röhren).

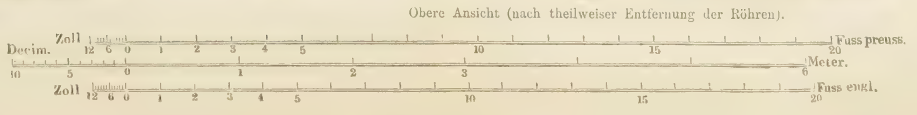
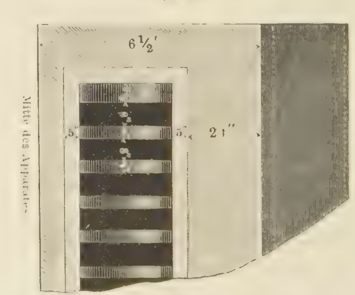


Fig. 91.

Horizontalschnitt nach Linie *EG* (Fig. 89).

Fig. 92.



Horizontalschnitt nach Linie *DH* (Fig. 89).

in den Röhren bei wechselnder Temperatur ganz aufgehoben. Sie können sich nach Belieben strecken und zusammenziehen, oder wenn in Folge des Gusses das Material ungleich vertheilt ist, sich biegen, wie sie wollen. Auch sie gehören übrigens zu den Apparaten, welche ein Zwischenglied zwischen den Zwillingsröhren- und Schlangenröhren-Apparaten bilden.

Sie theilen mit den Pistolenröhren-Apparaten unverkennbar den Nachtheil, dass der Wind sehr plötzlich eine Wendung von 180^0 machen muss; indessen lässt sich dieser Nachtheil hier weit leichter als bei jenen Apparaten durch Anwendung weiterer Röhren ausgleichen, wie das bei dem in Königshütte gebauten Apparate denn auch gelungen ist[1]. Er erhitzt für einen Ofen mit sechs Stück $3^1/_2$zölliger Düsen den Wind bis 350^0 R. ($437^1/_2{}^0$ C.) bei $3^1/_2$ bis 4 Pfund Pressung. Lässt man ihn für zwei Oefen arbeiten, so erhält man bei 3 bis $3^1/_2$ Pfund Pressung bis auf 250^0 R. ($312^1/_2{}^0$ C.) erhitzten Wind. Im ersten Falle hat man bei dem Winde zwischen der vor dem Eintritt und nach dem Austritt herrschenden Pressung keinen Unterschied, also keinen Geschwindigkeitsverlust bemerkt. Der Ausdehnung der Luft durch die Erhitzung ist Rechnung getragen, indem die Röhren im Querschnitt sich von $7^5/_8$ Zoll auf $9^1/_8$ Zoll erweitern.

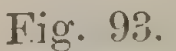
Einen Vortheil[2] hat dieser Apparat offenbar gegen alle anderen Apparate dadurch, dass bei ihm das Auswechseln eines schadhaften Rohres ungemein erleichtert ist. Man kann ohne Schwierigkeit nach Lösung der Schrauben an den Flanschen e und f (Fig. 89) das Rohr $a\,b$ herausheben und ein neues einsetzen, ohne den Apparat selbst kalt zu legen. Die Flanschen, deren Dichtung bei allen stehenden Apparaten so viel Schwierigkeit macht, sind hier zugleich der Wirkung des Feuers entzogen. Ein letzter Vortheil beruht endlich auf der Möglichkeit einer weit zweckmässigeren Ausnutzung der Wärme, als bei allen anderen Zwillingsröhren-Apparaten, ein Punkt, auf den wir nach Betrachtung der Schlangenröhren-Apparate zurückkommen werden. Dieser Apparat hat 1890 □Fuss feuerberührte Fläche und der Weg des Windes, soweit die Erwärmung stattfindet, ist 58 Fuss lang.

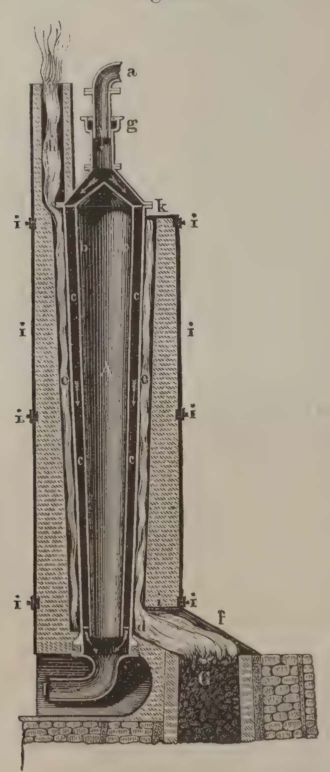
Auch in Frankreich hat man auf einem Hüttenwerke an der Mosel einen Apparat mit hängenden Röhren construirt, welcher den Hosenröhren-Apparaten entspricht, wie der zuletzt beschriebene den Pistolenröhren-Apparaten. Er besitzt zwei Abtheilungen und in jeder hängt eine Reihe von Hosenröhren. Aber die hier nach oben gekehrten Schenkel derselben sind nicht wie bei den stehenden Hosenröhren-Apparaten durch zwei horizontale Hauptröhren verbunden, sondern der rechte Schenkel des ersten Paares ist mit dem rechten Schenkel des zweiten, der linke des zweiten mit dem linken des dritten Paares durch Bogenstücke verbunden u. s. w., so dass also der Apparat beinahe ganz der folgenden

[1] In der Zeit, wo dies niedergeschrieben wurde, war der Apparat bereits 22 Wochen ohne Störung in ununterbrochenem Betriebe und ein zweiter im Bau. — [2] Und dieser war es, der den Bearbeiter auf die Idee brachte.

Gruppe von Winderhitzungsvorrichtungen angehört. Es sind hier drei kürzere, der Feuerung zunächst liegende, und zwölf längere Paare von 2,28 Meter (7,26 Fuss) Länge in jeder der beiden Abtheilungen angeordnet. 30 Cubikmeter (970 Cubikfuss) Luft von atmosphärischem Druck werden bei einer Heizfläche von 38 Quadratmeter (386 □Fuss) auf 150 bis 200° C. erhitzt [1]).

Ringröhren-Apparate. Um die Röhren, in welchen der Wind erhitzt werden soll, mit einem zu ihrem Inhalte möglichst grossen Umfang zu versehen, hat man auch versucht, ihnen statt eines kreisförmigen oder elliptischen Querschnitts einen ringförmigen zu geben, und hat dann den inneren Raum dieser Röhren entweder gar nicht zur Erhitzung benutzt, oder denselben gleichfalls von den Feuergasen durchziehen lassen. Den ersteren Fall veranschaulicht Fig. 93 [2]), welche einen früher benutzten, jetzt aber ausser Gebrauch gestellten Apparat der Ilsenburger Hütte darstellt. Die Unzugänglichkeit des inneren Rohres wird in allen diesen Fällen den Apparat zu complicirt machen, um ihm praktische Brauchbarkeit zusprechen zu können. Wir werden der Anwendung dieses Principes übrigens bei den Apparaten mit liegenden Röhren häufiger begegnen.


Fig. 93.



Ringröhren-Apparat.

β. Schlangenröhren-Apparate.

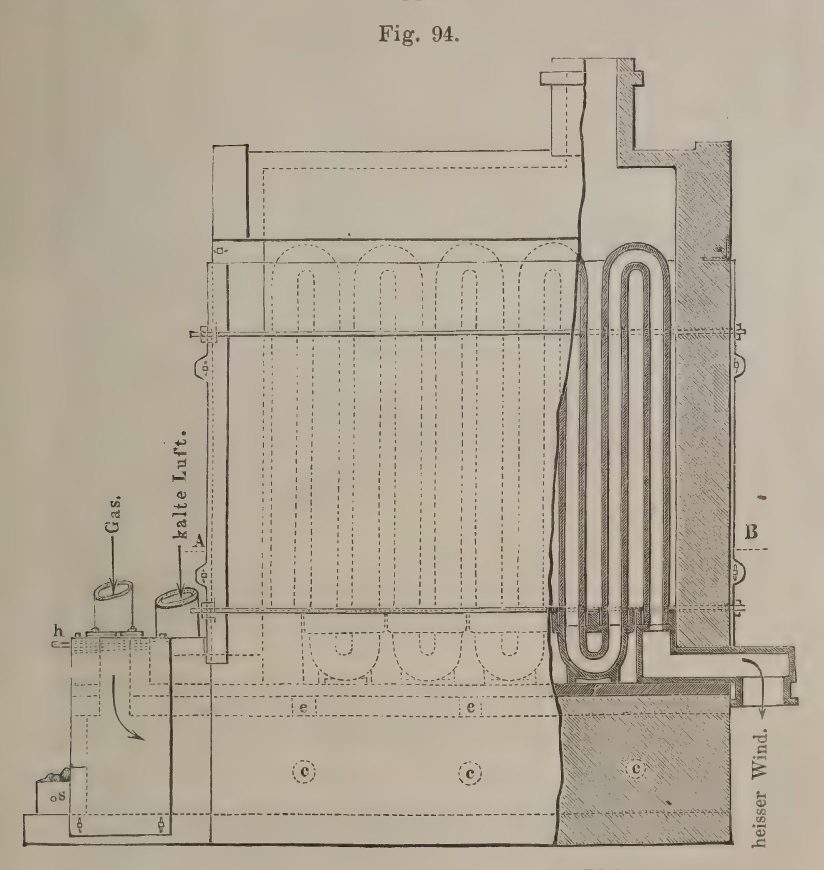
Stehender Wasseralfinger Apparat. Die einfachste Art von Schlangenröhren-Apparaten mit stehenden Röhren wird durch die Verbindung einer grösseren Zahl verticaler Rohrstücke durch halbkreisförmige Knie in der Weise hergestellt, dass abwechselnd die unteren und oberen Enden zweier benachbarten Röhren communiciren. Es entsteht dann eine Combination von hängenden und stehenden Hosenröhren. Allerdings wird auf diese Weise die bei allen Pistolenröhren- und den Fusskästen-Apparaten stattfindende Reibung des Luftstromes durch plötzliches Umbiegen desselben um 180° vermieden. Da aber das Auflager in solchen Fällen sehr schwierig herzustellen,

---

[1]) Jordan, Cours de Métallurgie. Pl. XX. — [2]) Scheerer, Metall. Bd. II.

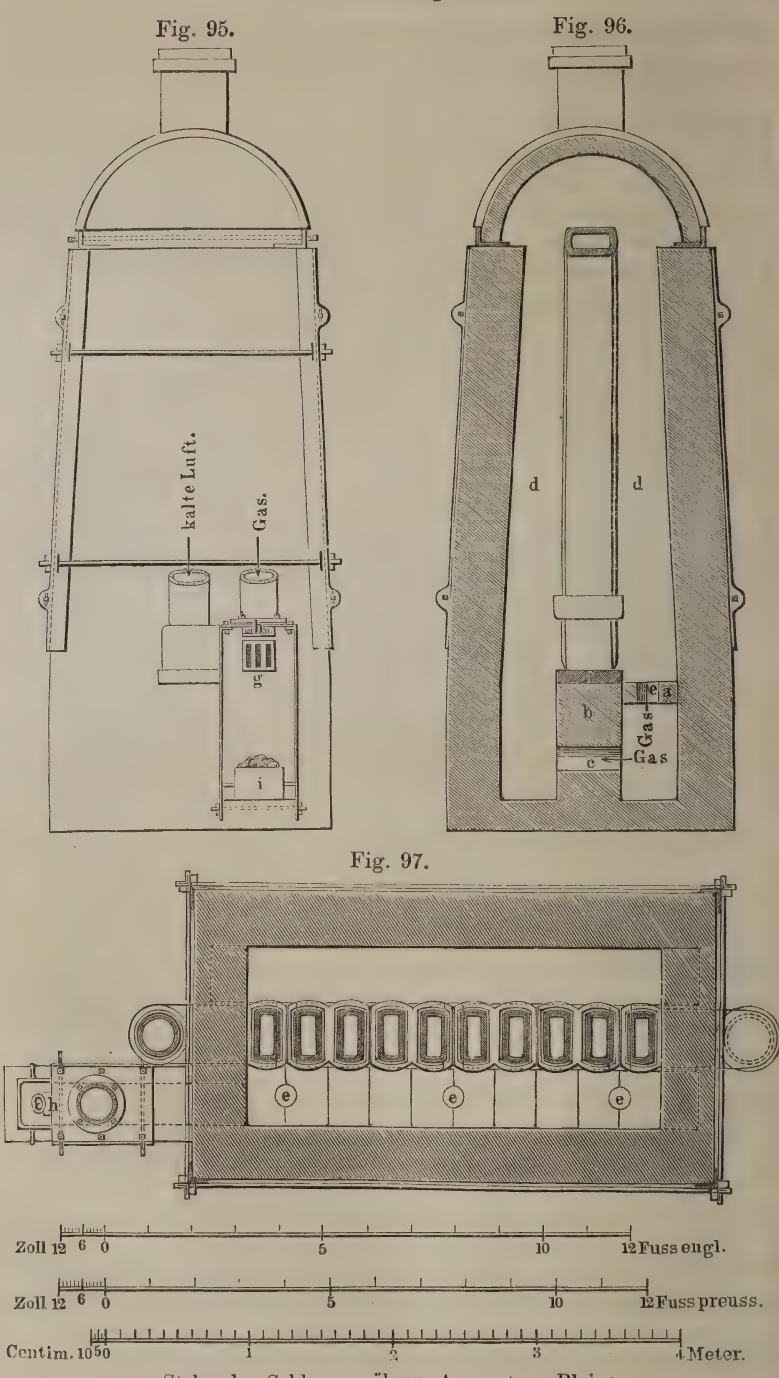
so hat man diese Construction für grössere Apparate nur selten zur Ausführung gebracht. Sie könnten als stehende Wasseralfinger Apparate bezeichnet werden. Ein solcher Apparat ist in den Figuren 94 bis 97 abgebildet. Er ist auf den Blaina-Eisenwerken in Süd-Wales von dem Ingenieur Levick errichtet. In einer rechteckigen gemauerten Kammer findet sich eine niedrige Theilungswand (*b*, Figur 96), eine der so gebildeten Abtheilungen ist überwölbt und in dem Gewölbe sowohl als in der Theilungswand befinden sich Einströmungsöffnungen für die Flamme *ee* und *cc*. Man hat hier nur eine Reihe Schlangenröhren mit rechteckigem Querschnitt. Der Apparat wird mit Gichtgasen geheizt.

Fig. 94.



Stehender Schlangenröhren-Apparat zu Blaina.

Die Oeffnungen in der Thür *g*, welche durch einen Schieber verschliessbar sind, dienen zur Regulirung des Luftzutritts für Verbrennung der Gichtgase, während das Schieberventil *h* den Gaszutritt regelt; auf dem Roste *i* glimmt zur steten Inbrandhaltung der Gase ein kleines Feuer.



Stehender Schlangenröhren-Apparat zu Blaina.

Horizontaler Pfropfenzieher-Apparat. Eine zweite Art hierher gehöriger Apparate findet man ausschliesslich auf einigen englischen Werken[1]), es ist der sogenannte horizontale Pfropfenzieher-Apparat (*horizontal Cork-screw-apparatus* oder *horizontal Spiral-pipe oven*). Auch er gehört zu den Schlangenröhren-Apparaten. Der Wind bewegt sich in einer Spirale. Halbkreisförmige Röhrenstücke sind mit Muffenverbindung so ineinander gefügt, dass sie eine fortlaufende Spirale mit horizontaler Axe bilden. Es ist also gewissermaassen der Fusskasten der früher beschriebenen Apparate in ein Bogenstück umgeformt. Der einzige Vortheil dieser Einrichtung ist, dass der Wind keine plötzlichen Wendungen zu machen und daher nur geringe Reibungsverluste zu erleiden hat; aber dem gegenüber stehen zwei Nachtheile: erstens der grosse Raum, den ein solcher Apparat fortnimmt, und zweitens die äusserst ungünstige Lage der Dichtungsstellen, welche alle dem directen Feuer ausgesetzt sind und das Auswechseln eines Rohres sehr erschweren. Das spiralförmige Rohr pflegt auf zwei gemauerten rippenartigen Bänken, zwischen denen die Flamme aufsteigt, aufgelagert zu sein. Zwischen den einzelnen Windungen ist hinreichender Raum für die Verbrennungsproducte.

b. Winderhitzungs-Apparate mit liegenden Röhren.

Während bei den Apparaten mit stehenden Röhren das System der Zwillingsröhren vorherrschend ist, findet sich unter den Apparaten mit liegenden Röhren, d. h. bei solchen, deren Erhitzungsröhren horizontale Richtung haben, am häufigsten das Princip der Schlangenröhren vertreten.

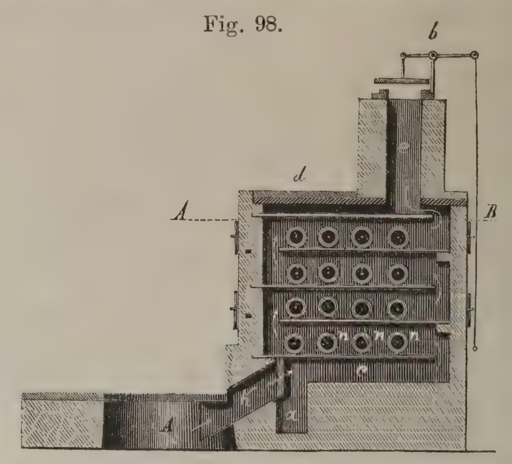
Wasseralfinger Apparat. Der älteste hierhin gehörige Apparat wurde in Wasseralfingen in Würtemberg construirt und führt wie alle ähnlichen Vorrichtungen darnach den Namen Wasseralfinger Apparat. Derselbe ist in den Figuren 98 bis 100 (a. f. S.) abgebildet. Er besteht aus 16 horizontal und parallel liegenden Röhren (nn) von 6,8 Zoll Durchmesser im Lichten. Die Röhren liegen in vier Etagen und die einzelnen Etagen sind durch gusseiserne Platten, welche der Flamme einen mäanderartigen Weg vorschreiben, getrennt. Die Flamme kommt von der Gicht A des Hochofens durch den Fuchs K, tritt nach c und windet sich, wie die Pfeile in Fig. 98 es zeigen, nach der kleinen Esse e durch den Apparat.

Je zwei Röhren sind durch Kniestücke mit einander verbunden. Der kalte Wind tritt in die am meisten rechts gelegene Röhre der obersten Etage ein, durchläuft nach einander die vier Röhren derselben Etage, geht dann aus der am meisten links gelegenen Röhre in die darunter befindliche der zweiten Etage u. s. f., bis er endlich aus der am meisten rechts gelegenen Röhre der untersten Etage austritt. Die Dichtungs-

[1]) Z. B. Ebbw Vale und Dowlais in Süd-Wales.

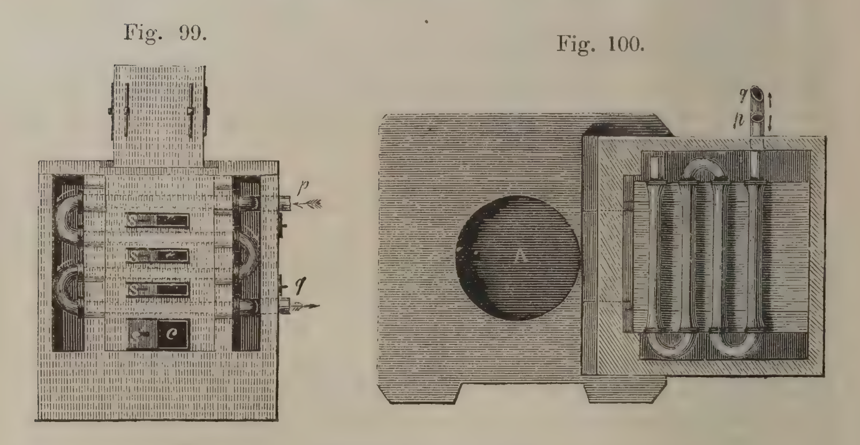
stellen (Muffenverbindungen) liegen ausserhalb des durch zwei Wände (Fig. 99) abgeschlossenen geheizten Raumes, sind indessen, um Wärmeausstrahlung zu verhindern, gleichfalls von Mauerwerk umgeben, liegen also in einer als schlechter Wärmeleiter dienenden Luftschicht.

Fig. 98.



Wasseralfinger Apparat. Längsschnitt.

Fig. 99. Fig. 100.



Wasseralfinger Apparat.

Hinteransicht. Querschnitt nach *AB*.

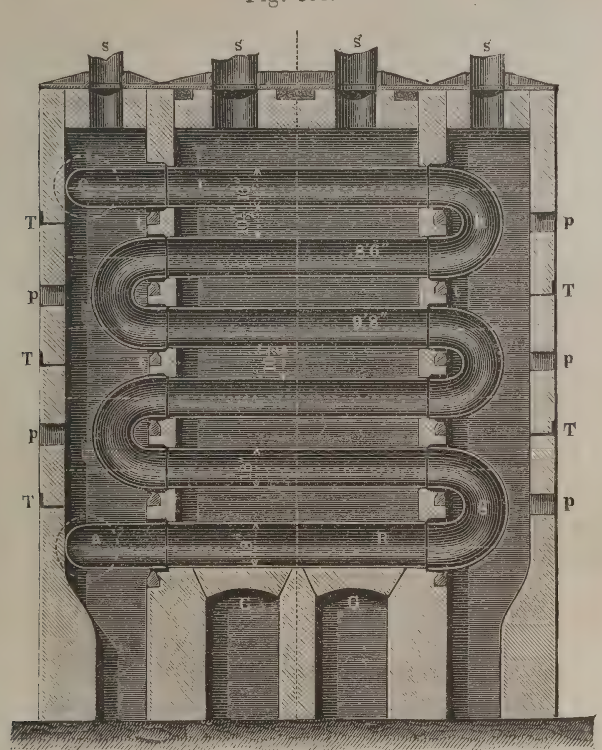
Westphälischer Apparat. Obschon bei dem Wasseralfinger Apparate durch die bogenförmigen Verbindungsstücke dem Winde keine plötzlichen Wendungen zugemuthet wurden, so konnte doch ein solcher Apparat bei einem grossen Windverbrauche nicht genügen, denn da der Wind nur einen einzigen Röhrenstrang zu durchlaufen hat, so müsste dieser die Weite der Windleitung überhaupt haben und würde bei grossen Windmengen einen zu seinem Umfange sehr bedeutenden Querschnitt erhalten.

Man trennte daher den Wind und führte ihn durch mehrere, gewöhnlich sechs Röhrenstränge oder Schlangen. So entstand der neuere Wasseralfinger oder Westphälische Winderhitzungs-Apparat, welcher, zuerst in Westphalen allgemeine Anwendung findend, sich bald nach Schlesien und anderen Gegenden verbreitete und an vielen Orten Hosen- und Pistolenröhren-Apparate verdrängte.

In den Figuren 101 bis 103 ist ein solcher westphälischer Apparat dargestellt, welcher in dieser Form zuerst vom Director Langen construirt sein soll und daher häufig auch als Langen'scher Apparat bezeichnet wird. Der kalte Wind tritt durch das Hauptrohr c ein, vertheilt



Fig. 101.



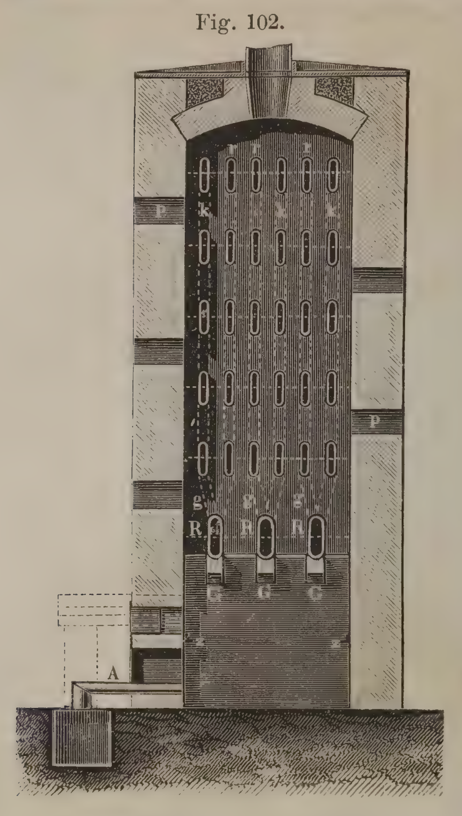
Westphälischer Apparat. Längsdurchschnitt.

sich dann in die sechs Röhren r, aus deren jeder er durch ein halbkreisförmiges Verbindungsstück in das darunter liegende Rohr tritt. Nachdem jedes Windtheilchen so in fünf Röhren den Erhitzungsraum durchlaufen hat, wird der Inhalt von je zwei Röhren durch ein gabelförmiges Krümmungsstück g in ein Rohr von doppeltem Querschnitt R geführt, so dass die unterste Etage nur drei Röhren enthält, aus denen die Luft

erhitzt in ein gemeinschaftliches, zu der Form führendes Leitungsrohr *a* gelangt.

Die dreissig oberen Röhren haben 4 Zoll lichte Breite, 16 Zoll lichte Höhe und sind von annähernd elliptischem oder besser oblongem, oben und unten abgerundetem Querschnitt. Die drei untersten Röhren haben $6^{1}/_{2}$ und 18 Zoll lichte Weite. Die Wandstärke nimmt von unten nach oben zu ab; die unterste Lage hat $^{5}/_{4}$ Zoll, die folgende 1 Zoll und die oberste $^{3}/_{4}$ Zoll Eisendicke. *G* ist ein Gewölbe aus feuerfesten Steinen zum Schutz der untersten Röhren gegen die Stichflamme. Die Oeffnungen *p* dienen zum Reinigen der Röhren von daraufgefallener Asche oder etwa angeschmolzener Schlacke. *z z* sind Balken eines Rostes, welche zur directen Feuerung benutzt werden können oder zur Unterhaltung eines Entzündungsfeuers für die durch *B A* eintretenden Hochofengase. Auch hier liegen die geraden Röhren in einem gesonderten Heizraume, ihre muffenförmigen Enden werden von eisernen Trägern *t* unterstützt, welche eine Beschädigung des Mauerwerkes beim Auswechseln eines Rohres verhindern sollen.

Fig. 102.



Westphälischer Apparat. Querdurchschnitt.

Die Heizfläche des abgebildeten Apparates beträgt 1230 □Fuss, wovon $^{2}/_{3}$ auf die geraden Röhren der Mittelabtheilung, der Rest auf die Krümmlinge und sonstige vom Feuer berührte Theile der Seitenabtheilungen kommen [1]).

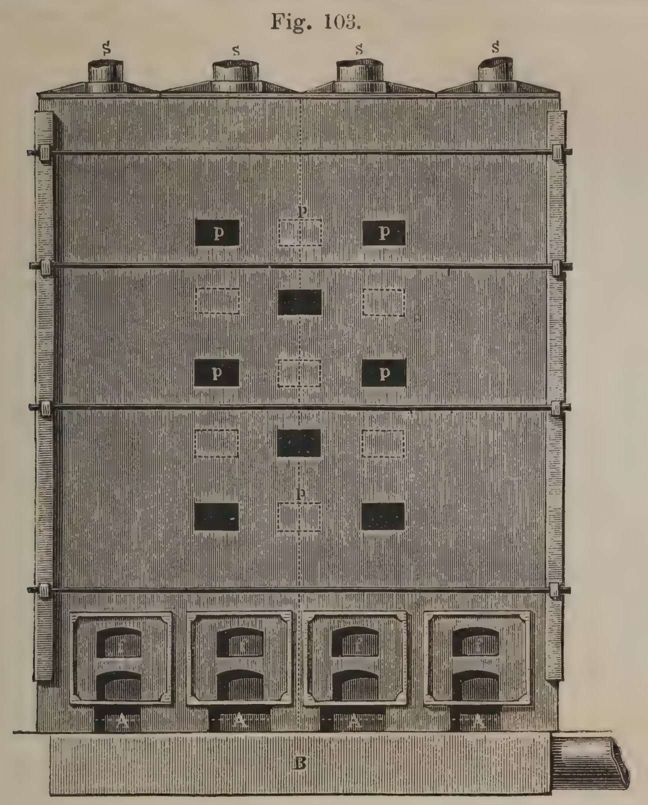
Der Gesammtquerschnitt für je sechs Röhren der oberen Reihen ist $2^{1}/_{2}$ □Fuss, der drei Röhren in der unteren Reihe $2^{1}/_{4}$ □Fuss. Sämmtliche Röhren wiegen zusammen circa 60,000 Pfd. Der Apparat reicht aus, um den für einen Hochofen mit täglicher Production von 50,000 Pfd. Roheisen erforderlichen Wind auf 300^{0} zu erhitzen.

---

[1]) Die Heizfläche vergrössert sich bei der häufig angewendeten Anordnung einer sechsten Reihe um 214 □Fuss. Sie ist nach der inneren Seite der Röhren gerechnet mit Ausschluss der aufruhenden Theile. Beilage zum Berggeist Nr. 32, 1867

Häufig wendet man auch runde Röhren an. Im „Berggeist“ [1]) ist ein derartiger beschrieben, welcher neun Reihen Röhren über einander und, jedesmal vier Röhren neben einander, also zusammen sechsunddreissig Röhren enthält. Sie haben 8 Zoll Durchmesser, $^3/_4$ Zoll Wandstärke, sind

Fig. 103.



Westphälischer Apparat. Seitenansicht.

$4^1/_2$ Fuss ohne Muffen lang. Die Muffen haben 6 Zoll Länge. Die Axen der Röhren liegen $14^1/_2$ Zoll von einander entfernt, so dass zwischen den Röhren 5 Zoll Zwischenraum bleibt.

Die Röhren liegen in jeder einzelnen Lage 4 Zoll versetzt gegen die folgende, um so bei dem gebrochenen Wege, den die Flamme nehmen muss, einen besseren Effect der Erhitzung zu erreichen. Der Apparat hat an den sechsunddreissig geraden Röhren 338 □Fuss Heizfläche, die Krümmlinge liegen frei und werden nicht geheizt. Eine solche Anordnung hat den Vortheil der leichteren Auswechselung gegen die vorige, bei welcher auch die Krümmlinge geheizt werden.

---

[1]) Op. cit. Nro. 28 Beilage 1867.

Den Vortheil, welchen die runden und gegen einander versetzten Röhren bieten, weil sie die Wärme des aufsteigenden Feuerstroms, dem sie grösseren Widerstand entgegensetzen, besser ausnutzen, hat man auch dadurch zu erreichen versucht, dass man elliptische Röhren anwendete, wie bei dem zuerst beschriebenen westphälischen Apparat, aber diese Röhren so legte, dass die grosse Axe ihres elliptischen Querschnitts statt der verticalen Stellung eine horizontale Lage erhielt. Man fand indessen bald, dass der Nachtheil, welcher allen Apparaten mit horizontalen Röhren anhaftet, solchen flachliegenden elliptischen Röhren besonders zur Last fällt, ein Nachtheil, der darin besteht, dass sich Asche und Flugstaub auf die einzelnen Röhren legten und als schlechte Wärmeleiter von dieser Seite jede Erhitzung verhindern. Bei höheren Hitzegraden und längeren Röhren tritt auch noch ein gleichfalls allen Apparaten mit horizontalen Röhren gemeinschaftlicher Fehler bedeutender hervor, darin sich äussernd, dass sich die Röhren wegen ihres Gewichtes nach unten biegen, in Folge dessen leicht reissen und an ihren Muffen undicht werden. Es ist klar, dass dieser Fehler bei den Apparaten mit runden Röhren weniger, bei elliptischen mit senkrechter grosser Axe am wenigsten ins Gewicht fällt.

Horizontale Korkzieher-Apparate. Wie man aus den Schlangenröhren-Apparaten mit verticalen Röhren die horizontalen Spiralen bildete, um die Reibung möglichst zu vermindern, so wendete man in England (Süd-Wales) dasselbe Princip auch auf die Apparate mit horizontalen Röhren an und construirte die verticalen Korkzieher-Apparate (*vertical cork-screw-apparatus* oder *vertical spiral-pipe-oven*), bei denen also aus halbkreisförmigen mit Muffen versehenen Röhren eine Spirale mit verticaler Axe gebildet ist. Die Nachtheile des ähnlichen bereits beschriebenen Apparates mit horizontaler Axe treten hier ebenfalls auf, und so hat sich dieser Apparat wie jener keine allgemeine Verbreitung verschaffen können.

Auf einzelnen Werken in Schlesien (z. B. Malapane und Creutzburgerhütte) hatte man bei Einführung des Betriebes mit erhitzter Gebläseluft dasselbe Princip der verticalen Spirale angewendet, aber die Röhren nicht durch besondere Feuerung erhitzt, sondern die strahlende Wärme des Hochofenkernschachtes hierzu benutzt. Die Röhren wurden theils in der Nähe der Gicht, theils sogar in $^2/_3$ der Höhe des Ofens zwischen Kernschacht und Rauhgemäuer eingebaut und bestanden in zwei oder drei Umgängen. Die schwierige Zugänglichkeit bei Reparaturen konnte derartigen Apparaten keinen Bestand sichern.

Ringröhren-Apparate. Schliesslich ist die Anordnung, welche wir bei verticalen Röhren gleichfalls schon kennen gelernt hatten, die Vertheilung des Windes in eine ringförmige Schicht, zuweilen für horizontale Röhren angewendet worden.

Merbach theilt zwei derartige Constructionen mit. Percy bezeichnet sie als *Pipe-within-pipe oven.* Der Ausdruck Ringröhren-Apparate



Winderhitzungsapparat zu Gröditz.

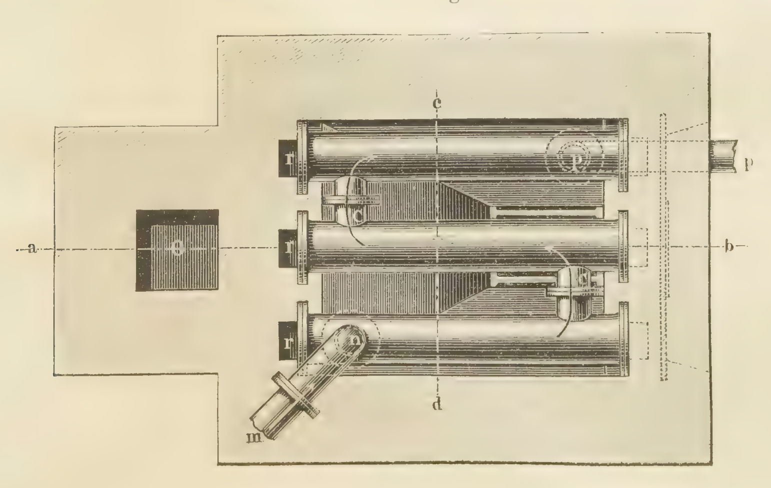
Fig. 104.

Verticalquerschnitt nach gh (Fig. 105) und ab (Fig. 106).

Fig. 105.

Vordere Ansicht.

Fig. 106.



Obere Ansicht ohne Gewölbe.

dürfte das Wesen bezeichnen. Die Figuren 104 bis 106 zeigen diesen Apparat, wie er zu Gröditz construirt worden ist. Die Röhren sind hier in drei Lagen zu je drei Stück angeordnet. Sie bestehen aus zwei concentrischen Theilen, in deren inneren oder kleineren Abtheilung die Flamme circulirt, während in der äusseren ringförmigen Abtheilung die Luft abwärts streicht. Vom Roste *M* steigt die Flamme zunächst nach dem linken Ende der untersten Röhrenlage, tritt hier bei *r* in die drei Röhren dieser Lage ein, durchströmt sie, steigt durch die Oeffnung r' in die zweite Etage u. s. f., bis sie oben durch den Fuchs *N* in den Schornstein *O* gelangt, der mit dem Schieber *P* versehen ist. Die Asche lässt sich durch die Räumlöcher *q* entfernen. Die Luft dagegen tritt bei *m* in den Apparat, senkt sich durch *n* in die oberste Röhrenlage, deren einzelne Stücke durch die mit den ringförmigen Räumen communicirenden Ansätze *C* verbunden sind und nimmt den durch Pfeile angedeuteten Weg, tritt durch eine verticale Communicationsröhre o' in die zweite Röhrenlage u. s. f. und entweicht erhitzt schliesslich durch *p* aus dem Apparate.

Eine andere Anordnung hatte man zu Codnor-Park gewählt. Hier stecken auch zwei concentrische Röhren in einander, aber sie dienen nur dazu, die Luft länger im Erhitzungsraume verweilen zu machen. Die Luft strömt im inneren Theile hin und im ringförmigen äusseren zurück. Es ist der Apparat daher als ein Zwillingsröhren-Apparat mit horizontalen Röhren zu betrachten, nur dass die beiden Zwillingsröhren hier nicht neben einander, sondern in einander liegen.

Die schwierige Reparatur aller derartig construirten Apparate hat eine weitere Verbreitung derselben verhindert.

Allgemeine Regeln für die Errichtung der Röhrenapparate.

Es sind freilich durch die geschilderten Vorrichtungen bei Weitem nicht alle in der Praxis angewendeten Combinationen der Winderhitzungs-Apparate mit eisernen Röhren erschöpft. Man kann so viel Variationen finden, als Eisenhütten bestehen.

Nachdem wir indessen die wichtigsten Arten in ihrer Anordnung kennen gelernt und bereits bei Schilderung der einzelnen auf ihre Vorzüge und Nachtheile hingewiesen haben, sollen noch die allgemeinen Regeln, nach welchen man bei Anlage eines solchen Erhitzungs-Apparates zu verfahren hat, näher beleuchtet werden.

Brennmaterial. Zur Erhitzung des Windes in eisernen Röhren kann naturgemäss zwar jedes Brennmaterial verwendet werden, es wird indessen, da die Erhitzung durch die Verbrennungsproducte in einem grösseren Raume geschehen soll, zweckmässig nur flammendes Brenn-

material zu benutzen sein. Entweder heizt man daher mit Holz, Braunkohlen und Steinkohlen, oder mit Gasen des Hochofens oder der Koksöfen; vorgeschlagen ist auch die Benutzung der Hitze von Hochofenschlacken.

Wenn man festes Brennmaterial gebraucht, so wählt man am liebsten dasjenige aus, welches zu anderen hüttenmännischen Zwecken, vorzüglich aber zum Betriebe des Hochofens selbst wenig oder gar nicht anwendbar ist, namentlich Kleinkohlen, welche oft als ein nur zur Dampfkesselfeuerung brauchbares Material dann fast werthlos sind, wenn sie von mageren Kohlen herstammend nicht verkokt werden können.

Die Hochofengase benutzt man entweder nach ihrer freiwilligen Entzündung an der Gicht direct als Flamme, oder man leitet sie unentzündet zu den Apparaten und verbrennt sie erst dort durch Zuleitung von Luft.

Die Einrichtung der Feuerung muss in allen drei Fällen wesentlich verschieden sein.

Feste Brennmaterialien verbrennt man auf Rosten. Aus je kleineren Stücken die ersteren bestehen, um so schwieriger ist die zweckmässige Anlage der letzteren. Treppen- und Etagenroste empfehlen sich in diesem Falle am meisten. Je kurzflammiger die benutzten Steinkohlen sind, um so niedriger muss der Apparat eingerichtet werden. Gasgeneratoren würden hier oft an ihrer Stelle sein.

Bei Benutzung der Gichtflamme ist durch richtig angeordnete Essen eine gleichförmige Vertheilung derselben in dem direct an oder über der Gicht stehenden Apparate zu bewirken. Es finden sich solche Einrichtungen nur bei Holzkohlenöfen.

Das Gebräuchlichste und unbedingt Rationellere ist die Benutzung der Gichtgase dann, wenn deren Quantität ausreicht. Man pflegt nämlich da, wo die Gebläsemaschinen mit Dampf betrieben werden, die Gichtgase in erster Stelle zur Kesselheizung, und erst in zweiter Stelle für die Winderhitzungs-Apparate zu benutzen. Da die geleistete Arbeit in beiden Fällen demselben Zwecke zu gute kommt, so würde es theoretisch gleichbedeutend sein, ob die Gichtgase in der einen oder anderen Weise verwandt werden; in der Praxis aber stellt sich die Sachlage anders. Der Bedarf an Wind, also auch der Gang der Maschine, hängt, wie später gezeigt werden wird, mit der Menge der erzeugten Gichtgase eng zusammen; nicht so verhält es sich mit der Temperatur des Windes. Wenn der Ofen durch bestimmte Verhältnisse zu stark abgekühlt wird, so ist ein gutes Gegenmittel, ja oft die einzige Rettung in einem stark erhitzten Winde zu finden, aber gerade dann fehlen die zur Erhitzung nöthigen Gichtgase. Man hat aus diesem Grunde auf einigen Hüttenwerken (z. B. der Mathildenhütte bei Harzburg) ganz von der Benutzung der Gichtgase zum Erhitzen des Windes Abstand genommen und statt dessen die Gase der Koksöfen benutzt.

Jedenfalls sollte man nie versäumen, bei den durch Gichtgase erhitzten Apparaten eine hinreichende Reservefeuerung für Steinkohlen anzubringen. Die Gichtgase geben bei ihrer vollständigen Verbrennung eine

sehr lange Flamme. Man kann daher den Erhitzungsröhren, wenn sie senkrecht stehen, eine grosse Länge geben, oder wenn sie horizontal liegen, viele derselben übereinander anbringen. Hierbei ist die richtige Luftzuführung sehr wesentlich für eine gute Ausnutzung dieses Brennmaterials. Man kann in Süd-Wales auf sonst gut geleiteten Werken abschreckende Beispiele von Verschwendung in dieser Richtung sehen, Apparate, bei denen Gase in Masse unverbrannt aus der Esse entweichen.

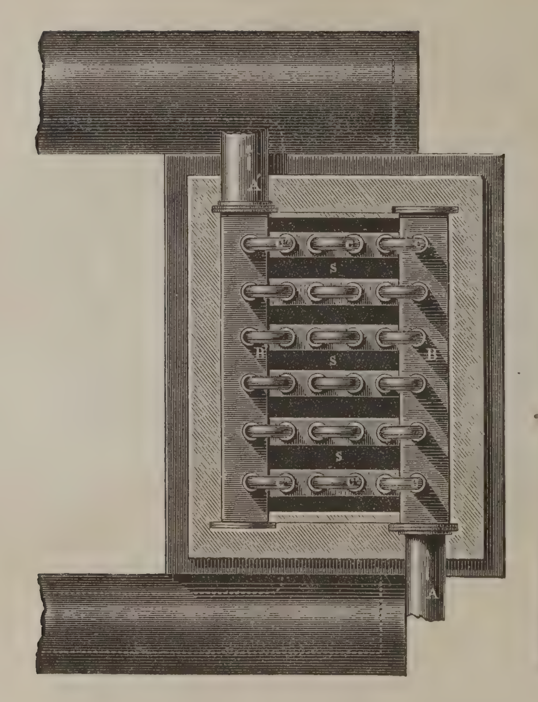
Man verbrennt die Gichtgase zweckmässig niemals im Apparate selbst, sondern in einer Vorkammer, leitet also die heissen Verbrennungsproducte erst gegen die Röhren. Die Fig. 94 bis 97, S. 117 und 118 zeigen eine solche Einrichtung. Noch vollständiger und mit sehr gutem Erfolg wird dieses Princip zu Stockton in Nord-Yorkshire angewendet, wo die Gase in einer sehr grossen Kammer verbrannt werden und also während dessen mit den gusseisernen Theilen gar nicht in Berührung kommen. Der Apparat ist in den Fig. 107 bis 109, S. 128 und 129 abgebildet. Das Rohr A führt den kalten Wind in den Apparat und zwar in den gusseisernen Kasten B. Aus diesem wird er mittelst der sechs heberförmigen Röhren c in die erste Abtheilung der Kasten d geleitet, strömt aus diesen durch die zweite Reihe Heberröhren c' in die zweite Abtheilung der Kasten d und aus dieser durch c'' in den Kasten B' und durch A' erhitzt zum Hochofen. Die Röhren sind ungefähr 5 Zoll im Lichten weit und $^3/_4$ Zoll im Eisen stark. Im Raume d werden die Gase verbrannt. Seine Wände erhitzen sich bis zur Rothgluth und die heisse Luft geht durch sieben Schlitze s in die Höhe. Die Apparate haben eine sehr hohe Leistungsfähigkeit. Zwei derselben erhitzen den Wind zu einem Hochofen bis 450° C.

Man will zwar gefunden haben, dass bei einer solchen Verbrennungsvorrichtung die Röhren schneller oxydirt und schadhaft werden, als wenn die Verbrennung im Apparate selbst vor sich geht, es hängt dies aber lediglich von der Menge der zugeführten Luft ab. Ist die Luftmenge grösser als zur Verbrennung der Gase gehört, so werden die erhitzten Röhren leicht oxydirt, ist sie geringer, so schützen die überschüssig vorhandenen reducirenden Gase vor Oxydation. Für die Haltbarkeit der Röhren ist daher eine nicht ganz vollständige Verbrennung der Gase, d. h. eine reducirende Flamme vorzuziehen; es ist aber eine solche unvollständige Verbrennung leichter bei Anlage eines besonderen Verbrennungsraumes zu reguliren, als ohne diesen.

Von Keil in Oberschlesien ist ein Apparat construirt worden, welcher die Wärme, welche in den vom Hochofen abfliessenden Schlacken enthalten ist, zur Erhitzung der Gebläseluft benutzen soll. Der aus einem fächerartigen Kammersystem bestehende, um seine Axe rotirende Apparat wird so aufgestellt, dass die Schlacke direct in die Kammern hineinfliesst; die oberhalb in den Apparat eingeführte kalte Luft ist genöthigt, zwischen den mit glühender Schlacke angefüllten Kammern hindurchzustreichen und verlässt den Apparat an seiner unteren Seite. Für den Fall, dass der Schlackenfluss unterbrochen wird, wendet man Hoch-

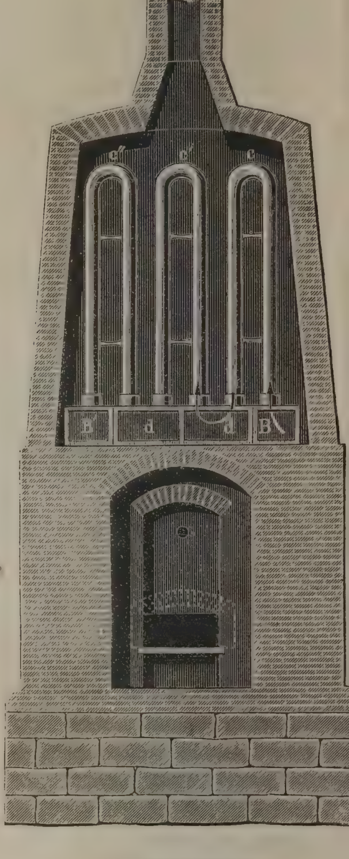
ofengase oder Steinkohlen zur Erhitzung an. Jedesmal, wenn eine Kammer mit flüssiger Schlacke gefüllt ist, macht der Apparat eine Drehung, so dass die nächste Kammer, aus welcher bereits vorher der völlig

Fig. 107.



Obere Ansicht ohne Gewölbe.

Fig. 108.



Querdurchschnitt.

Winderhitzungs-Apparat zu Stockton.

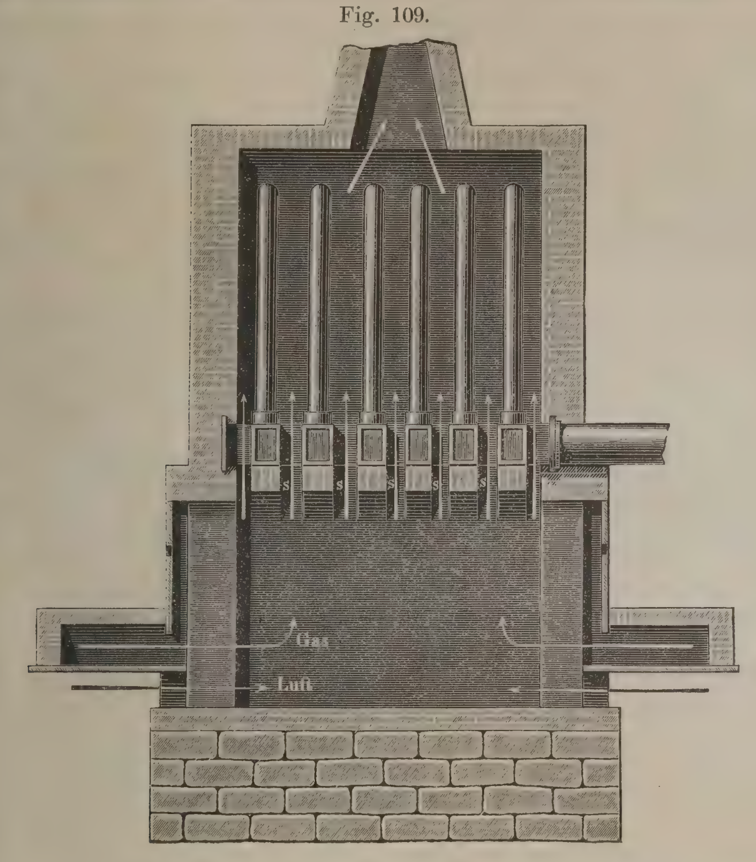
erkaltete Schlackenklumpen entfernt worden war, unter die Schlackenrinne zu stehen kommt [1]). Man darf nicht verkennen, dass eine solche Benutzung der für den Betrieb sonst verlorenen Hitze der Schlacke eine gute Idee ist; ob indessen der Apparat für die Praxis sich als brauchbar erweist, darüber müssen erst noch Versuche entscheiden. Es lassen sich mehrere Uebelstände schon im Voraus erkennen: 1) Die Nothwendigkeit, einen besonderen Motor für den Apparat zu beschaffen.

---

[1]) Zeitschr. des deutschen Ingenieur-Vereins. 1867. S. 426.

2) Die Schwierigkeit, das dem Staube und Schmutze sehr ausgesetzte gehende Zeug zu unterhalten. 3) Die Schwierigkeit, den Apparat bei seiner complicirten Form luftdicht zu erhalten. 4) Das ungünstige Ver-

Fig. 109.



Winderhitzungs-Apparat zu Stockton. Längsdurchschnitt.

halten der Schlacke als Transmittent der Wärme. Schon der letzte Punkt allein lässt ein Scheitern des Versuchs fürchten. Die Feuergase kommen bei den gewöhnlichen Apparaten mit den die Wärme an die Luft abgebenden Röhren in jedem Augenblicke in frische Berührung; die Schlacke dagegen wird bald von einer schlecht leitenden Kruste überzogen, während der flüssige und heisse Kern nur sehr unvollkommen die Wärme an die Eisenwände und somit an den Wind abgiebt.

Wind- und Feuerführung. Gleichgültig, ob der Apparat durch directe Feuerung, oder durch die brennende Gichtflamme, oder durch die erst in ihm entzündeten, von der Gicht fortgeleiteten Gase erhitzt wird, in allen Fällen durchströmt die Flamme, d. h. der heisse Gasstrom, wel-

cher seine Hitze durch die Vermittelung der eisernen Röhren an die Gebläseluft abgeben soll, den Apparat in einer bestimmten Richtung, welche für gewöhnlich die vertical aufwärts steigende und nur dann eine horizontale oder gar abwärts steigende sein wird, wenn durch künstlichen Zug vermittelst Essen dieser Weg vorgeschrieben ist.

Der Wind geht dagegen entweder im ganzen Apparate an einer Seite aufwärts, an der anderen abwärts (Hosenröhren-Apparate), oder an beiden Seiten zugleich auf- und abwärts (Pistolenröhren-Apparat) oder er durchläuft den Apparat in einem oder mehreren schlangenförmigen Wegen von einer Seite zur anderen. Hieraus ergeben sich vielfache Combinationen der Richtung der Luft und der Feuergase und es tritt die Frage an den Hüttenmann, welche dieser Combinationen die richtige sei.

Soll ein heisser Gasstrom seine Temperatur möglichst vollständig und in kürzester Zeit mit einem anderen Gasstrom von geringerer Temperatur ins Gleichgewicht setzen, so müssen beide eine entgegengesetzte Richtung haben [1]). Die Gebläseluft muss daher dem Feuerstrom entgegengeführt werden, oder mit anderen Worten, die kalte Gebläseluft muss da eintreten, wo der verbrannte, seiner Hitze entledigte Gasstrom austritt, und die heisse Gebläseluft muss da austreten, wo der heisse Gasstrom eintritt. Der Beweis für die vollständige Ausnutzung der Wärme ist dann geführt, wenn der austretende Gasstrom bis zur Temperatur der eintretenden Gebläseluft abgekühlt ist. Dass die austretende Gebläseluft nicht auch die Temperatur der heissen Verbrennungsgase angenommen haben kann, liegt darin, dass die Volumina des Windes und der heissen Gase nicht gleich sind, sondern das Volumen des ersteren weit grösser ist.

Eine einfache Construction der Winderhitzungs-Apparate steht indessen im Allgemeinen nicht im Einklange mit der vollständigen Anwendung des Principes, Luft und Feuerungsgase in umgekehrter Richtung strömen zu lassen. Der Apparat mit concentrischen Röhren, welchen man zu Gröditz benutzte (Fig. 104 bis 106 S. 125) und bei welchem die Feuergase durch das innere Rohr ziehen, ist einer der wenigen Apparate, wo der genannte Grundsatz vollständig zur Anwendung gekommen ist. Bei dem Wasseralfinger Apparate wird dieses Princip schon in geringerem Maasse benutzt, denn hier ist der Strom des Windes dem schlangenförmig aufsteigenden Gasstrome zwar im Ganzen entgegengesetzt, aber in jedem einzelnen Rohre hat der Wind eine zu letzterem rechtwinkelige Richtung. Dasselbe gilt von dem westphälischen Apparate, bei welchem die in mehreren Schlangen vertheilte Luft dem einfach aufsteigenden Gasstrome auch nur im Allgemeinen, nicht aber im einzelnen Rohre ent-

[1]) Dieser auch auf chemische Reactionen und ebenso auf flüssige und feste Körper Anwendung findende allgemeine Lehrsatz ist ausführlich vom Bearbeiter in einer Abhandlung über das Staubstromsystem behandelt worden. Vergleiche Verhandlungen des preussischen Gewerbe-Vereins Jahrgang 1867.

gegentritt [1]). Bei Schlangenröhren-Apparaten mit stehenden Röhren und bei allen Apparaten mit hängenden Röhren lässt sich der aufgestellte Grundsatz richtiger Feuer- und Windführung nur durch Vermittelung einer den Zug der heissen Gase bestimmenden Vorrichtung erreichen. Man wird zwischen den Schlangen oder hängenden Röhren Scheidewände anbringen müssen, die bald oben, bald unten Oeffnungen haben, durch welche die heissen Gase zu einem mäanderartigen, der Windrichtung entgegengesetzten Laufe in Folge des durch eine hinreichend hohe Esse hergestellten Zuges gezwungen werden, oder man muss sich mit der unvollkommneren Einrichtung begnügen, die Flamme an der unteren Seite des Apparates eintreten zu lassen und sie durch denselben in einer diagonalen, dem Winde nur im Allgemeinen entgegengesetzten Richtung nach der gegenüberliegenden oberen Seite zu führen.

Bei Hosen- und Pistolenröhren-Apparaten und allen ähnlichen Einrichtungen steht die Richtung der Flamme und des heissen Gasstromes ausser Beziehung zu der des Windstromes. In einem Theil der Röhren fällt der letztere dem Gasstrome zwar entgegen herab, in dem anderen steigt er dagegen mit demselben gleichmässig auf. Die letztere Gruppe von Apparaten ist daher auch in dieser Beziehung die unvollkommenste und unökonomischste und es erscheint auffallend genug, dass sie sich in England fast ausschliesslich Eingang verschafft und in Deutschland und Frankreich so grosse Verbreitung gefunden hat.

Lage der Röhren. Die Röhren haben in allen Apparaten vorherrschend eine senkrechte oder eine wagerechte Lage, bei geneigter Lage (z. B. im Calder'schen Apparate) nähert sich dieselbe der senkrechten. Die senkrechte oder beinahe senkrechte Stellung hat den Vortheil gegen die horizontale, dass sich nicht Asche und Flugstaub auflegen und als schlechte Wärmeleiter die Erhitzung von einer Seite hemmen, ja hindern können, wogegen diese Stellung, falls nicht eine besondere künstliche Feuerführung eintritt, den Nachtheil einer weit ungünstigeren Wärmeausnutzung des aufsteigenden Gasstromes darbietet. Welchen Einfluss die Lage der Röhren auf deren Haltbarkeit und auf die Leichtigkeit Reparaturen auszuführen hat, darüber ist bei den einzelnen Apparaten das Nöthige erörtert. Allgemein gültig sind folgende Grundsätze. Je länger der Apparat in der Richtung des erhitzenden Gasstroms, also in den meisten Fällen je höher er ist, um so vollkommener wird er die Wärme ausnutzen. Bei verticaler Stellung muss man daher den einzelnen Röhren möglichste Länge geben. Letztere findet in der Festigkeit des Eisens sehr bald eine Grenze. Bei horizontalen Röhren muss man

[1]) Eine vollkommen unrationelle entgegengesetzte Windleitung hat man auf einem schlesischen Werke damit zu rechtfertigen gesucht, dass man durch Eintreten des kalten Windes in die unterste Reihe Röhren das Verbrennen dieser letzteren besser hindere; es ist dies aber höchstens ein Beweis einer schlechten Feuerungsconstruction.

möglichst viele Reihen über einander anbringen, man hat dann den Vortheil, kurze Stücke anwenden zu können, welche, weil bei dieser Lage die Röhren hauptsächlich auf relative Festigkeit in Anspruch genommen sind, grössere Haltbarkeit, als längere Stücke darbieten. Allerdings werden bei gleicher Heizfläche um so mehr Krümmlinge zur Verbindung der einzelnen Rohrstücke nothwendig, je kürzer letztere sind, und mit der Zahl derselben nimmt nicht nur die Reibung des Windes, sondern auch die Schwierigkeit der Dichthaltung der Verbindungsstellen zu. Liegen die Krümmlinge ausserhalb des Erhitzungsapparates, so stellt sich natürlich auch das Verhältniss der Heizfläche der Röhren zu der Wärme ausstrahlenden Oberfläche der Verbindungsstücke um so ungünstiger, je kürzer die Rohrstücke sind.

Form der Röhren. Die Mittheilung der Wärme der Verbrennungsgase an die Gebläseluft findet durch Vermittelung des eisernen Rohres statt. Wäre die Luft im Inneren der Erhitzungsröhren in Ruhe, fände also keine Vermischung der einzelnen Lufttheilchen statt, so würde die von der inneren Rohrwand an die zunächst liegenden Lufttheilchen übertragene Wärme nach den allgemeinen Regeln der Leitung von der Begrenzung nach dem Inneren zu fortgepflanzt werden. Da sich nun die Wärmeleitungsfähigkeit wie das Quadrat der Entfernungen von der Wärmequelle verhält, so geschieht die Erhitzung um so schneller, je kleiner der Inhalt der Röhren im Verhältniss zu ihrem Umfange ist und um so höher wird in derselben Zeit die Durchschnittstemperatur der gesammten Luftmenge in jedem Querschnitte steigen. Bei der Bewegung der Luft wird nicht nur an den Biegungen der Röhren stets eine Vermischung der einzelnen Lufttheilchen stattfinden, da die Wege verschieden, die Geschwindigkeiten aber gleich sind, sondern es wird auch dadurch, dass die an den Wandungen befindlichen Lufttheilchen durch Reibung zurückgehalten werden und sich in Folge höherer Erhitzung mehr ausdehnen als die kälteren, im Inneren der geraden Rohrstücke eine Aenderung in der ursprünglichen Anordnung der Luftschichten eintreten; nichtsdestoweniger werden im Allgemeinen die für ruhende Luft geltenden Regeln, wenn auch in minderem Maasse, gültig bleiben. Die ungünstigste Form für die Erhitzung ist daher der kreisförmige Querschnitt des Rohres; die günstigste der einer Linie sich annähernde, daher für die Praxis entweder der oblonge (oder bei Abrundung der Ecken annähernd elliptische) und der ringförmige (innere und äussere Erhitzung vorausgesetzt) [1]).

Mit der Vergrösserung des Umfanges zum Inhalt wächst andererseits die Reibung und sie setzt der möglichsten Annäherung an einen linearen Raum schliesslich eine Grenze.

---

[1]) Unregelmässige Querschnitte kommen selten vor. Der Winderhitzungs-Apparat zu Veckerhagen bei Cassel hat z. B. birnenförmige Gestalt. Solche Formen haben keine Vorzüge und den Nachtheil schwierigerer Herstellung.

Kreisförmige Röhren lassen sich bei stehender Anordnung am leichtesten herstellen und bieten grosse Festigkeit. Bei liegenden Röhren ist die Ellipse mit senkrechter grosser Axe am geeignetsten zum Widerstande gegen das Durchbiegen und giebt überdies, wie bereits erwähnt, am wenigsten zum Auflagern von Asche Veranlassung.

Wenn man zwei Röhren (Zwillingsröhren) zu einer vereinigt, so können die beiden Abtheilungen entweder aneinander oder ineinander

Fig. 110.

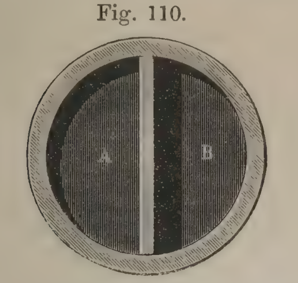
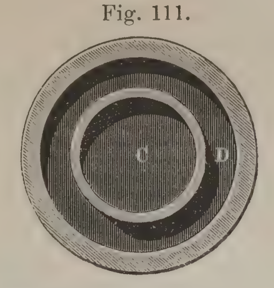


Fig. 111.



liegen. Gleichen Gesammtquerschnitt vorausgesetzt, verweilt die Luft im Apparate in beiden Fällen gleich lange Zeit, ebenso ist das Verhältniss des Umfanges zum Querschnitt bei beiden Arrangements gleich. In Fig. 110 ist der Umfang $= \partial \pi$, ebenso in Fig. 111, und in beiden der Querschnitt $= \frac{\partial^2 \pi}{4}$, wenn mit ∂ der Durchmesser des Doppelrohres bezeichnet und die Trennungswand vernachlässigt wird. Hat das Rohr die Länge l, so ist der Weg des Windes in beiden Fällen $= 2\,l$. Es müsste daher der Effect gleich sein. Indess würden die concentrischen Röhren Fig. 111, da in dem zwischen beiden liegenden ringförmigen Raume eine gleichmässigere Berührung aller Lufttheilchen mit der Röhrenwandung stattfindet und die strahlende Wärme vermöge der grösseren inneren Scheidewand einen stärkeren Einfluss ausübt, doch den Vorzug verdienen, wenn nicht bei dieser Construction die Schwierigkeit, Undichtigkeiten zu bemerken und zu verhindern, weit grösser wäre, als bei dem in Fig. 110 dargestellten Arrangement.

Stärke und Material der Röhren. Die Eisenstärke der Wandungen nimmt man so schwach als möglich, um eine so vollkommene Transmission der Wärme als möglich zu haben. Durch die Undichtigkeit des Gusseisens und durch die Festigkeit desselben wird indessen die Grenze gesetzt. Liegende Röhren müssen dicker gegossen sein, als stehende, bei welchen hauptsächlich nur die rückwirkende Festigkeit in Betracht kommt, ebenso müssen längere Röhren grössere Dicke haben als kürzere. Die am stärksten erhitzten, den heissesten Wind enthaltenden Röhren oder Röhrentheile, also bei Wasseralfinger und ähnlichen Apparaten die unteren Röhren, bei Hosen- und Pistolen-Apparaten die nach dem Inneren des Apparates gekehrten Wandungen müssen die grösste Dicke erhalten. Man hält sich fast stets zwischen den Grenzen von $^1/_2$ bis $^5/_4$ Zoll. Gusseisen

ist bekanntlich leichter dem Zerspringen und Zerreissen ausgesetzt und überhaupt an und für sich durchdringlicher für gepresste Gase als Schmiedeeisen, aber man wendet dennoch letzteres nicht an, weil bei demselben die Herstellung dichter Verbindungen (Nietungen) zu schwierig und kostspielig ist. Schinz (Wärmemesskunst S. 388) hat zwar einen mit schmiedeeisernen Transmissionsflächen versehenen Apparat construirt, derselbe hat indessen unseres Wissens keinen Eingang in die Praxis gefunden.

Reibung des Windes, Grösse des Querschnittes. Der Verlust, welchen die Gebläseluft an Pressung in einer langen Röhrenleitung erleidet, ist im Wesentlichen der Länge und dem Umfange des Rohres proportional, dem Querschnitte desselben umgekehrt proportional und wächst im Quadrate der Geschwindigkeit [1]).

Anders verhält es sich mit der Erhitzung. Je grösser die feuerberührte Fläche, je länger also das Rohr ist und einen je grösseren Umfang es in Verhältniss zu seinem Querschnitte hat, um so günstiger ist es, wie wir gesehen haben, für die Erhitzung; dagegen nimmt die Erhitzung mit der Geschwindigkeit der Gebläseluft ab.

Aus diesem Grunde ist es zweckmässig, das Hauptrohr im Erhitzungsapparate in mehrere Röhren zu theilen, deren Gesammtquerschnitt mindestens dem ersteren gleichkommt. Man hat als Maximum zweckmässiger Geschwindigkeit der Luft in Winderhitzungs-Apparaten circa 30 Fuss oder 10 Meter in der Secunde gefunden. Da nun die Geschwindigkeit $v = \frac{Q}{F}$ ist, wenn Q das Windquantum, F den Querschnitt bedeutet, so kann man hiernach leicht den Minimalquerschnitt für jeden einzelnen Fall ermitteln. Dieser Minimalquerschnitt muss mit der Erhitzung des Windes wachsen.

Wenn man die Grösse der Heizfläche wüsste, welche dazu gehört, um ein bestimmtes Luftquantum von bekannter Geschwindigkeit auf den erforderlichen Temperaturgrad zu bringen, so würde sich daraus der vortheilhafteste Querschnitt der Röhren ergeben, doch reichen hierzu die Ermittelungen, welche bisher in dieser Beziehung wirklich angestellt worden sind, bei Weitem nicht aus. Redtenbacher nimmt an [2]), dass die vortheilhafteste Heizfläche, um 1 Cubikmeter Luft pr. 1 Minute zu erhitzen, 0,8 bis 1 □Meter oder um 1 Cubikfuss Luft zu erhitzen, 0,25 bis 0,31 □Fuss beträgt. Schinz [3]) kommt mit Weisbach übereinstimmend auf 8 bis 10 □Fuss Heizfläche pr. 1 Cubikfuss pr. Secunde, also 25,5 bis 31,8 □Meter pr. 1 Cubikmeter, aber Beide mit Zugrundelegung anderer Mengen erzeugter Wärme. Die Unsicherheit solcher Angaben beruht in

---

[1]) Péclet, Traité de Chaleur, 1860. I, S. 135: $P - p = \frac{K' C L}{S} p$, worin L die Länge, C den inneren Umfang des Rohres von beliebig geformtem Querschnitt, S den Querschnitt selbst ausdrückt, P die Geschwindigkeit am Anfange, p die am Ende der Leitung. Die Constante K' ist $= 0{,}006$. — [2]) Redtenbacher, Resultate. 368. — [3]) Wärmemesskunst.

vielen Factoren, welche, ganz abgesehen von erzeugter Temperatur der Heizgase, Oberfläche der Heizröhren und Geschwindigkeit des Windes, berücksichtigt werden müssen, namentlich in der in der Praxis sehr verschiedenen Temperatur der entweichenden Heizgase, der verschiedenen Construction der Seitenwände, welche einestheils durch Strahlung nach innen zur Winderhitzung beitragen, andererseits durch Strahlung und Berührung mit der kalten Atmosphäre nach aussen zu Wärmeverlusten Veranlassung geben [1]).

Ein besonderer Reibungsverlust entsteht in den Krümmungen der Röhren. In den meisten Fällen vermittelt eine solche Krümmung die Verbindung zweier parallelen Röhren, d. h. der Wind hat seine Richtung um 180° zu ändern. Es wird dies entweder durch eine zweimalige Wendung um 90° bewirkt, so bei den Fusskasten-Apparaten, dem unteren Theil der Pistolenröhren-Apparate, oder durch allmälige Wendung in nahezu halbkreisförmigen Verbindungsstücken, so bei Hosenröhren, Wasseralfinger Apparaten u. s. w. Der Reibungsverlust ist im ersten Falle nach Péclet [2]) doppelt so gross als im zweiten. Der Fall, welcher im oberen Theile der meisten Pistolenröhren und bei den Hängeröhren zu Königshütte eintritt, d. h. dass der Wind am äusseren Umfange einen Kreisbogen durchläuft, am inneren um 180° plötzlich umbiegt, da dort die Wand der zwei parallelen Röhren gewissermaassen gemeinschaftlich ist, muss naturgemäss in der Mitte liegen.

Während der Erhitzung nimmt die Luft ein immer grösseres Volumen ein, mithin wächst auch in demselben Maasse der Reibungswiderstand, wenn nicht der Querschnitt des Rohres sich entsprechend vergrössert. Es ist daher zweckmässig in allen Fällen, in denen der Wind den Erhitzungsraum mehrmals passirt (z. B. bei gekuppelten Zwillingsröhren-Apparaten und allen Schlangenröhren-Apparaten), entweder den Querschnitt oder die Zahl der Röhren, in welchen der bereits erhitzte Wind noch höher erhitzt werden soll, zu vergrössern, wie dies z. B. die in den Figuren 89 bis 92 und 68 bis 71 abgebildeten Apparate zeigen.

Es liegt in den Untersuchungen über diese Punkte noch ein weites und wenig durchackertes Feld der Mechanik vor [3]).

Wenn es auch nicht der Zweck unseres Werkes ist, näher auf die theoretische Berechnung der Reibung einzugehen, so möge doch gestattet sein, darauf hinzuweisen, dass auf die Reibungsverluste nur ein beschränktes Gewicht bei der Construction der Winderhitzungs-Apparate zu legen ist, denn die Arbeit, welche durch die Reibung scheinbar

---

[1]) Die einzigen ausführlichen, wenn auch nicht erschöpfenden Betrachtungen in dieser Beziehung hat Schinz in dem erwähnten Werke, auf welches wir daher verweisen, angestellt. — [2]) Péclet, Traité de chaleur. I, p. 141. — [3]) Wir verweisen auf Weisbach, Ingenieur- und Maschinen-Mechanik; Péclet, Traité de chaleur; Grashof, Ueber die Bewegung der Luft in Röhrenleitungen in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1862 u. 1863; Hauer, Die Hüttenwesen-Maschinen, woselbst S. 135 auch eine Zusammenstellung der wichtigsten Literatur.

verloren geht, setzt sich in Wärme um, die hier Zweck ist. Es kann daher z. B. in dem Falle, wo man eine Dampfgebläsemaschine anwendet, nur darauf ankommen, zu vergleichen, ob es billiger ist, die der Reibungsarbeit entsprechende Wärme im Dampfkessel oder im Erhitzungs-Apparate zu erzeugen.

Nutzeffect der Apparate. Nach dem, was die Mechaniker bis jetzt an Hülfsmitteln zur Berechnung des theoretischen Effectes der Winderhitzungs-Apparate geliefert haben, ist es kaum möglich, von einem Nutzeffecte der Apparate zu sprechen [1]). Jedenfalls genügt bei den angeführten, als zweckentsprechend bezeichneten Apparaten die Erhitzung, welche von den verbrennenden Hochofengasen an die Luft übertragen wird. Verwendet man festes Brennmaterial, so genügt nach Redtenbacher [2]) zur Erhitzung von 1 Cubikmeter Luft auf 300° C. $^1/_{15}$ Kilogramm Holz oder $^1/_{30}$ Kilogramm Steinkohle. Zur theoretischen Berechnung der Leistung eines Winderhitzungs-Apparates giebt Schinz [3]) Formeln an, welche wir, ohne die Grundlagen für ausreichend zu halten, in ihrer beispielsweisen Anwendung als das Vollständigste, was zu finden war, mittheilen.

Es ist zunächst nöthig, den Wärmetransmissionscoëfficienten zu kennen. Diesen berechnet Schinz nach der Formel:

$$V = Sma^{\varphi}\,(a^t - 1) + Lnp^c t^b,$$

worin zunächst S eine constante Grösse pr. 1 □Fuss preuss. und pr. Stunde [4])

für Gusseisen, alt und oxydirt	0,6615
„ „ neu	0,6247
„ Eisenblech, etwas oxydirt	0,6615
„ „ gewöhnliches	0,5391
„ Bausteine	0,7092

ist. In $ma^{\varphi}\,(a^t - 1)$ ist ferner $m = 132{,}64$, $a = 1{,}0077$, φ die Temperatur der Wärme aufnehmenden Luft, t die Temperaturdifferenz zwischen dem Wärme aufnehmenden und dem Wärme abgebenden Körper. Tabellen zur leichteren Berechnung dieses ersten Gliedes der Formel sind auf Seite 137 bis zu $\varphi = 25^0$ mitgetheilt.

Im zweiten Gliede der Formel ist

$$L = \left(0{,}13674 + \frac{0{,}05512}{\sqrt{D}}\right) \times \left(2{,}5422 + \frac{1{,}6728}{\sqrt{h}}\right),$$

der Leitungs-Coëfficient für verticale Cylinder pr. 1 □Fuss preuss. und pr. Stunde; oder $L = 0{,}405 + \frac{0{,}6015}{D}$, für horizontale Röhren pr. 1 □Fuss preuss. und pr. Stunde, wenn D den Durchmesser des Rohres in preuss. Zollen, h dessen Länge in Fussen bedeutet. Schliesslich ist in

---

[1]) Es sind deshalb gegenwärtig vom Vereine zur Beförderung des Gewerbefleisses in Preussen Honorare für die besten Arbeiten über den Nutzeffect der Winderhitzungs-Apparate ausgeschrieben. — [2]) Op. cit. p. 368. — [3]) Wärmemesskunst. S. 386 u. a. O. — [4]) Schinz, Compendium Tab. XLI für preuss. Maass.

Strahlungs-Coëfficienten für verschiedene Temperatur-Differenzen und verschiedene absolute Temperaturen oder Werthe für $S m a^{\varphi} (a^{t} - 1)$ pr. Stunde und pr. Quadratfuss.

$\varphi = 0^0$	$\varphi = 5^0$	$\varphi = 10^0$	$\varphi = 15^0$	$\varphi = 20^0$	$\varphi = 25^0$
10,666 . S	10,995 . S	11,428 . S	11,875 . S	12,340 . S	12,820 . S
22,147 . S	22,835 S	23,730 . S	24,655 . S	25,620 . S	26,620 . S
34,577 . S	35,655 . S	37,045 . S	38,495 . S	40,000 . S	41,565 . S
47,984 . S	49,480 . S	51,415 . S	53,420 . S	55,510 . S	57,680 . S
62,460 . S	64,401 . S	66,920 . S	69,535 . S	72,260 . S	75,080 . S
78,135 . S	80,515 . S	83,660 . S	87,540 . S	90,330 . S	93,860 . S
94,950 . S	97,910 . S	101,735 . S	105,710 . S	109,840 . S	114,135 . S
113,170 . S	116,695 . S	121,255 . S	125,995 . S	130,920 S	136,035 . S
132,980 . S	137,120 . S	142,480 . S	148,050 . S	153,835 . S	159,845 . S
154,110 . S	158,910 . S	165,120 . S	171,575 . S	178,280 . S	185,250 . S

Leitungs-Coëfficienten für die Temperatur-Differenzen $t' - t''$ oder Werthe für die Formel $n t^b$ pr. Stunde und pr. □Fuss.
($n = 0{,}5385$. Log. 0,73090 — 1.)

Temperatur-Differenz.	Werthe von $n t^b$. L.	Temperatur-Differenz.	Werthe von $n t^b$. L.
10° C.	9,4 . L	130° C.	223,1 . L
20	22,2 . L	140	244,4 . L
30	36,6 . L	150	266,1 . L
40	52,2 . L	160	288,1 . L
50	68,6 . L	170	310,5 . L
60	86,0 . L	180	333,2 . L
70	104,0 . L	190	356,1 . L
80	122,6 . L	200	379,4 . L
90	141,7 . L	210	402,9 . L
100	161,5 . L	220	426,7 . L
110	181,5 . L	230	450,7 . L
120	202,1 . L	240	475,0 . L

$n\,t^b$, $n = 0{,}5385$, $b = 1{,}233$, t wie vorher die Temperaturdifferenz, und in p^c p der Druck der Luft, c eine Constante $= 0{,}45$.

Auch für diesen Theil der Formel hat Schinz Tabellen zusammengestellt, welche wir (für preuss. Maass und Gewicht) hier gleichfalls auf Seite 137 bis 139 mittheilen. Man sucht auf Seite 138 oder 139 zuerst L und setzt dies dann in den gefundenen Werth der unteren Tabelle auf Seite 137 ein.

Leitungs-Coëfficienten für horizontale Röhren.

$$L = 0{,}405 + \frac{0{,}6015}{D}$$

pr. 1 □Fuss und pr. Stunde.

Werthe von D.	Werthe von L.
0,5 Zolle	1,6080
1	1,0065
2	0,7058
3	0,6055
4	0,5554
5	0,5253
6	0,5053
7	0,4909
8	0,4802
9	0,4718
10	0,4652
11	0,4597
12	0,4551

Ist z. B. die Temperatur der erhitzten Luft 300°, so ist die mittlere Temperatur derselben im Apparat $= \frac{300 + 0}{2} = 150^0$. Dies ist φ der obigen Formel. Es sei nun die mittlere Temperaturdifferenz (t der Formel) zwischen Luft und Verbrennungsproducten ebenfalls $= 150^0$.

In den Tabellen war in der Formel $L\,n\,t^b\,p^c$, der Druck $p^c = 1$ gesetzt; da aber die Pressung des Windes höher als der gewöhnliche Atmosphärendruck ist, so muss dieser höhere Druck in die Formel eingeführt werden durch den Factor p^c, worin, wie bereits angeführt, p der Druck der Luft, c der constante Coëfficient 0,45 [1]) ist. Es ändert sich aber auch demgemäss der Factor $n = 0{,}5385$ [2]), welcher durch $p_1{}^c$, worin

[1]) Schinz, S. 72. Das Meter braucht nicht übertragen zu werden, da es im Zähler und Nenner vorkommt. — [2]) Loc. cit. Taf. XLIII.

Leitungs-Coëfficienten für verticale Cylinder pr. 1 □Fuss und pr. Stunde.

$$L = \left(0{,}13674 + \frac{0{,}05512}{\sqrt{D}}\right) \times \left(2{,}5422 + \frac{1{,}6728}{\sqrt{h}}\right);$$ D in Zollen, h in Fussen.

h.	$D = 0{,}5$.	$D = 1$.	$D = 2$.	$D = 3$.	$D = 4$.	$D = 5$.	$D = 6$.	$D = 7$.	$D = 8$.	$D = 9$.	$D = 10$.	$D = 11$.	$D = 12$.
1	0,9049	0,8087	0,7407	0,7105	0,6925	0,6803	0,6712	0,6642	0,6585	0,6538	0,6498	0,6464	0,6434
2	0,7998	0,7147	0,6546	0,6279	0,6120	0,6012	0,5932	0,5870	0,5820	0,5778	0,5743	0,5713	0,5686
3	0,7532	0,6731	0,6164	0,5913	0,5764	0,5662	0,5586	0,5528	0,5481	0,5441	0,5408	0,5380	0,5355
4	0,7254	0,6482	0,5937	0,5695	0,5551	0,5453	0,5380	0,5324	0,5278	0,5241	0,5209	0,5181	0,5158
5	0,7064	0,6313	0,5782	0,5546	0,5406	0,5310	0,5240	0,5185	0,5140	0,5104	0,5073	0,5046	0,5023
6	0,6924	0,6184	0,5667	0,5436	0,5299	0,5205	0,5136	0,5082	0,5039	0.5003	0,4972	0,4946	0,4923
7	0,6815	0,6091	0,5578	0,5351	0,5216	0,5123	0,5055	0,5002	0,4959	0,4924	0,4894	0,4868	0,4846
8	0,6728	0,6012	0,5506	0,5282	0,5149	0,5057	0,4990	0,4938	0,4896	0,4861	0,4831	0,4806	0,4784
9	0,6655	0,5947	0,5447	0,5225	0,5093	0,5003	0,4936	0,4885	0,4843	0,4808	0,4779	0,4754	0,4732
10	0,6594	0,5892	0,5397	0,5177	0,5046	0,4957	0,4891	0,4839	0,4798	0,4764	0,4735	0,4710	0,4688
15	0,6385	0,5706	0,5226	0,5013	0,4887	0,4800	0,4736	0,4686	0,4646	0,4613	0,4585	0,4561	0,4540
20	0,6261	0,5595	0,5124	0,4916	0,4791	0,4707	0,4644	0,4595	0,4556	0,4524	0,4496	0,4472	0,4452
25	0,6176	0,5519	0,5055	0,4849	0,4727	0,4643	0,4581	0,4533	0,4449	0,4462	0,4435	0,4412	0,4391
30	0,6114	0,5464	0,5004	0,4800	0,4679	0,4569	0,4535	0,4487	0,4449	0,4417	0,4390	0,4367	0,4347
35	0,6065	0,5420	0,4964	0,4762	0,4641	0,4559	0,4498	0,4451	0,4413	0,4382	0,4355	0,4332	0,4312
40	0,6026	0,5385	0,4932	0,4731	0,4611	0,4530	0,4469	0,4423	0,4385	0,4354	0,4327	0,4304	0,4285

p_1 den äusseren Luftdruck bedeutet, zu dividiren ist. Dieser äussere Luftdruck sei = 0,76 Meter Quecksilber, der Ueberdruck in den Röhren dagegen = 0,06 Meter, so ist $S = 0,6247$. Ist der Durchmesser der Röhren $D = 8$ Zoll, so ist nach obigen Tabellen für horizontale Röhren $L = 0,4802$. Es ist daher $n = \frac{0,5385}{0,76^{0,45}} = 0,6093$ zu setzen.

Gesetzt, die Röhren sind aus Gusseisen, so ergiebt sich der Transmissions-Coëfficient

$$V = S m a^{\varphi} (a^{t} - 1) + L n p^{c} t^{b} = 0,6247 . 132,64 . 1,0077^{150} (1,0077^{150} - 1) + 0,4802 . 0,6093 . (0,76 + 0,06)^{0,45} . 150^{1,233} = 694,6.$$

Dieser Coëfficient gilt pro □ Fuss. Nun hat die ganze Röhrenleitung eine Transmissionsfläche = F □ Fuss, folglich ist die totale Transmission = F 694,6 pr. Stunde. Wenn die 8 Zoll weiten Röhren 4 Fuss lang sind und ihrer 16 Stück im Apparate liegen, so ist die Gesammtfläche derselben = 16 . 10 □ Fuss = 160 □ Fuss, daher in diesem Falle die totale Transmission = 160 . 694,6 = 111136 Wärme-Einheiten pr. Stunde, 1852,5 pr. Minute oder = 30,9 pr. Secunde, ein Werth, den wir W nennen wollen.

Da 1 Cubikfuss Luft von atmosphärischer Spannung und von 0° Temperatur bei 300° und der angenommenen Spannung von 0,82 Meter [1]) zu 2,265 Cubikfuss wird, welche 0,070152 Pfund wiegen, so wiegt ein Cubikfuss dieser Luft $= \frac{0,070152}{2,265} = 0,030972$ Pfund, und sein Wärmegehalt bei 300° ist = 0,030972 . 0,2669 [2]). 300 = 2,4799 Wärme-Einheiten, welches Product wir W_1 nennen.

Hiernach sollte der Apparat pr. Secunde leisten:

$$\frac{W}{W_1} = \frac{30,9}{2,4799} = 12,5 \text{ Cubikfuss}$$

oder 12,5 + 0,030972 = 0,38715 Pfund Luft von 300° C.

Bei diesem von Schinz gegebenen Beispiel [3]) ist freilich die Uebertragung der Gesammtwärme an die Luft vorausgesetzt, und nicht auf die Uebertragung der Wärme durch die eisernen Wände Rücksicht genommen. Es würde nach diesem Beispiele zur Erhitzung von 1 Cubikfuss

---

[1]) 0,76 + 0,06 = 0,82 Meter. — [2]) Specif. Wärme der Luft bei 0,76 Meter Barometerstand. — [3]) Op. cit. S. 386, dessen Rechenfehler zu verbessern gesucht sind, welche wesentlich darin beruhen, dass in dem zweiten Gliede der Formel nur der eine Factor $150^{1,233}$ berücksichtigt, die anderen dagegen offenbar vergessen sind. V dürfte hiernach (ohne Uebertragung auf preuss. Maass und Gewicht, welche im vorliegenden Falle gewählt sind) nicht wie Schinz berechnet 1025,71, sondern nur 661,93 betragen. Uebrigens stimmt auch in dem Original die Annahme $t = 150^0$ nicht mit der vorhergegangenen Annahme der mittleren Temperatur verbrennender Gichtgase zu $\frac{1100 + 500}{2} = 800^0$, wonach $t = 800 - 150 = 650^0$ wäre. Doch ist dies ohne weiteren Einfluss auf die vorliegende Berechnung und daher unberücksichtigt gelassen.

Luft $\frac{160}{12,5} = 12,8$ □Fuss Heizfläche erforderlich sein, ein in den mittleren Gränzen der Praxis liegendes, immerhin aber ungünstiges Resultat.

Es erhöht sich dieses Resultat aber sofort, sobald man die Temperaturdifferenz t grösser annimmt. Nähme man die Verbrennungstemperatur zu 1100°, die unbenutzte Temperatur der abziehenden verbrannten Gase zu 500°, so würde die mittlere Temperatur $= \frac{1100 + 500}{2} = 800^0$, mithin $t = 800 - 150 = 650^0$ sein, es würde unter sonst gleichen Verhältnissen $V = 38841{,}338$, und zur Erhitzung von 1 Cubikfuss Luft auf 300° gehörte nur eine Heizfläche von $\frac{160}{700} =$ circa 0,23 □Fuss, mithin kaum $^1/_{40}$ des in der Praxis, in der man gewöhnlich 8 bis 10 □Fuss Heizfläche verlangt, erforderlichen Grösse [1]). Es ist hieraus ersichtlich, dass die nöthige Heizfläche wesentlich von der zweckmässigen Feuerzuführung abhängig ist. Uebrigens würde es zur Vergrösserung der Heizfläche überhaupt zweckmässiger sein, die Heizgase durch Röhren zu führen und die Luft in dem diese Röhren umgebenden Raume zu erhitzen, wenn nicht die Dichthaltung dieses Raumes für die comprimirte Luft viel zu grossen praktischen Schwierigkeiten unterläge.

Ebenso wenig wie die theoretischen Grundlagen zur Berechnung des Nutzeffectes der Winderhitzungs-Apparate ausreichen, ebenso wenig liegen hinreichende praktische Erfahrungen vor, an die man sich halten könnte. Ein richtiger Vergleich verschiedener Apparate ist nur dann möglich, wenn hinreichende Daten über die Temperatur der abgehenden Heizgase, die Beschaffenheit und Menge des angewendeten Brennmaterials u. s. w. gegeben werden.

Die folgende Zusammenstellung, welche der Bearbeiter der Güte des Herrn Oberbergraths Ulrich, Directors der Königshütte in Oberschlesien, verdankt, gestatten wenigstens einen Vergleich der dort unter denselben Bedingungen gefeuerten verschiedenen Arten von Winderhitzungs-Apparaten.

Es existiren auf diesem grossen Hüttenwerke sechs Arten von Apparaten, nämlich als älteste Hosenröhren-Apparate, sodann ältere doppelte Pistolenröhren-Apparate, neuere einfache und neuere doppelte Pistolenröhren-Apparate, Westphälische Apparate und die nach des Bearbeiters Angaben construirten Apparate mit hängenden Röhren.

1. Die Hosenröhren-Apparate enthalten je 36 Röhren, à 10 Fuss lang.

Die feuerberührte Fläche derselben beträgt 36 . 10 . 1,761 = 633,96 □Fuss.
Der Windinhalt dieser Röhren 36 . 10 . 0,09346 = 33,6456 Cubikfuss.
Der Weg zur Erwärmung des Windes ist 20 laufende Fuss.

---

[1]) Die folgenden Beispiele zeigen für Königshütte mit Ausnahme des Hosenröhren-Apparates, welcher 19 □Fuss erfordert, Schwankungen zwischen 6 und 9 □Fuss, so dass das obige Verhältniss 8 bis 10 als ein für alle Fälle ausreichendes bezeichnet werden kann.

2. Die feuerberührte Fläche eines älteren doppelten Pistolenröhren-Apparates beträgt:

A. An Oberfläche der 52 Röhren, von je $11\frac{1}{2}$ Fuss Länge,

$$52 . 11{,}5 \left[\left(\frac{9{,}5 . 2}{12}\right) + \left(\frac{5{,}5 . 3{,}1416}{12}\right) = 598 \left(\frac{19 + 17{,}28}{12}\right)\right]$$

$$= 598 . 3{,}09 = 1747{,}82 \;\square\text{Fuss}$$

B. An Oberfläche der Windkasten, soweit dieselben vom Feuer getroffen werden.

a. die 4 Bodenflächen, à 6 □Fuss . 24 □Fuss
b. die 8 Seitenflächen, à 7,08 „ . 56,64 „
c. die 4 Deckflächen, à 6 □Fuss = 24 □Fuss nach Abzug von 56 Röhrenflanschen, à 76 □Zoll oder zusammen 19,14 □Fuss = 4,86 „

85 „

Daher feuerberührte Fläche . . . 1833,32 □Fuss.

Der Windinhalt eines solchen Apparates beträgt:

A. In den 52 Röhren = (3,2141 Cubikfuss . 52) = . . . 167,133 Cubikfuss
B. In den 4 Windkästen = 4 . 25,4 = ... 101,6 „

Daher Gesammtinhalt . . . 268,733 Cubikfuss.

Die Länge des Weges für die Erhitzung des Windes beträgt 52 laufende Fuss.

3. Die an Stelle der alten Wasseralfinger Apparate aufgestellten Pistolenröhren-Apparate haben 32 Stück Pistolenröhren, à 14,25 Fuss lang.

Die feuerberührte Fläche dieser Röhren ist = 456 . 3,09 . . 1409,04 □Fuss
Die Flächen der Windkasten betragen in Summa . . . . . 54,05 „

Daher feuerberührte Fläche . . . 1463,09 □Fuss.

Der Windinhalt beträgt:

A. In den Röhren 3,9826 . 32 = ... 127,4432 Cubikfuss
B. In den Windkästen 3,66 . 32,75 = ... 110,04 „

Daher Gesammtinhalt . . . 237,4832 Cubikfuss.

Die Länge für die Winderhitzung beträgt 67 laufende Fuss.

4. Die neu erbauten doppelten Pistolenröhren-Apparate enthalten 52 Windröhren, à 14,25 Fuss Länge.

Die feuerberührte Fläche der Röhren beträgt (14,25 . 52) 3,09 = 2289,69 □Fuss
Die Flächen der Windkasten betragen in Summe . . . . . 139,040 „

Daher feuerberührte Fläche . . . 2428,73 □Fuss.

Der Windinhalt des Apparates beträgt:

A. der Röhren 52 . 3,9826 = ... 207,0952 Cubikfuss
B. der 4 Windkasten (2,15 . 12,916) 4 = ... 111,0776 „
C. der Standröhren . . . . 58,128 „
D. der Unterlagsröhren . . . . 84,1275 „

Daher der Gesammtinhalt . . . 460,4283 Cubikfuss.

Dagegen der Inhalt des vom Feuer getroffenen Theils 318,1720 „

Die Länge des Weges für die Winderhitzung beträgt 66 laufende Fuss.

5. Die Westphälischen Apparate enthalten 39 Röhren in 7 übereinander liegenden Reihen, die 6 obersten Reihen zu 6, die unterste zu 3 Röhren.

Die feuerberührte Fläche beträgt . . . 2005,913 □Fuss.

Der Windinhalt eines solchen Apparates beträgt:

In 36 Röhren von zusammen 517,5 Fuss Länge:
517,5 . 0,497 = 257,1975

In 3 Röhren von zusammen 45 Fuss Länge: 45 . 0,6453 = 29,0385

286,236 Cubikfuss.

Die Länge des Weges für die Winderhitzung beträgt 100 laufende Fuss.

6. Der Apparat mit hängenden Windröhren hat 36 Röhren, die feuerberührte Fläche der Röhren beträgt:

A. von den 18 kleinen Röhren 14 . 18 . 3,523 = . . 886,796 □Fuss
B. „ „ 18 grossen „ 252 . 3,981 = . . . 1003,212 „

Daher die feuerberührte Fläche . . . 1890,008 □Fuss.

Der Windinhalt des Apparates beträgt:

A. der 18 Stück kleineren Röhren 18 . 4,933 = ... 88,812 Cubikfuss
B. der 18 „ grossen „ 18 . 5,869 = ... 105,642 „
C. der 18 Verbindungsröhren, à 1 Fuss 10 Zoll lang = 6,215 „
D. der 2 Zuleitungen, 10,5 Zoll Dtr., 11 Fuss lang = 41,066 „
E. der 2 grossen Ableitungen, 20 Zoll Dtr., 11 Fuss lang = 47,996 „

Daher der Gesammtinhalt . . . 289,731 Cubikfuss.

Dagegen der Inhalt des vom Feuer getroffenen Theils . 200,669 „

Die Länge des Weges für die Winderwärmung, soweit die Feuerfläche reicht, ist 58 laufende Fuss.

Zusammenstellung.

Benennung der Apparate.	Feuer-berührte Fläche. Quadratfuss	Windinhalt der Röhren, soweit dieselben vom Feuer getroffen werden. Cubikfuss	Bei einem Windverbrauch von 3500 Cubikfuss pr. Minute für den Hochofen bleibt der Wind im Apparat Secunden
Hosenröhren-Apparat	633,96	33,645	0,58
Alte doppelte Pistolenröhren-Apparate	1833,32	268,733	4,6
Pistolenröhren-Apparate (als Ersatz der Wasseralfinger Apparate) .	1463,09	237,483	4,7
Pistolenröhren-Apparate, doppelte	2428,73	318,172	5,45
Westphälische Apparate	2005,91	286,236	4,9
Apparate mit hängenden Röhren .	1890,01	200,669	3,44

Da nun in allen bis auf den Hosenröhren-Apparat, in welchem eine starke Erhitzung überhaupt nicht zu erlangen ist, der Wind gleich hoch erhitzt wird, so hat derjenige den grössten Nutzeffect, in welchem der Wind die kürzeste Zeit verweilt. Es stellt sich mithin der mit hängenden Röhren am günstigsten. Es folgen dann die Pistolenröhren-Apparate Nr. 3 und 2, hierauf die Westphälischen und schliesslich der Pistolenröhren-Apparat Nr. 4. Anders verhält es sich aber mit der Dauerhaftigkeit. Auch hier steht der Apparat mit hängenden Röhren in erster Linie, dann folgen die Pistolenröhren-Apparate Nr. 4, 3, 2, sodann der Hosenröhren-Apparat und schliesslich der Westphälische Apparat, bei dem in Folge eines Durchbiegens der Röhren ein Reissen und Undichtwerden in den Kittfugen sehr häufig ist.

Temperatur. Man arbeitet zwar mit allen Temperaturen des Windes bis 600°, indessen ist bei einer geringeren Erhitzung des Windes als 100° die Wirksamkeit desselben eine zu geringe, um den Aufbau von besonderen Apparaten zu lohnen, während die Erhitzung über 550° grosse Schwierigkeiten hinsichtlich der Dichthaltung der Apparate hat. Meistentheils bringt man durch die Röhrenapparate den Wind auf 300°. Für Holzkohlen begnügt man sich mit Temperaturen von 100 bis 250°, bei Koks hat man meist 250 bis 350°, bei rohen Steinkohlen und Anthracit 350 bis 550°. Nur bei hinreichend grossen Heizflächen oder der Verbindung zwei oder mehrerer Apparate in der Weise, dass der schon in einem Apparate erwärmte Wind noch durch einen folgenden u. s. f. geht, gelingt es, den Wind bis auf 600° und höher zu bringen.

Nimmt man die Grundlagen der oben mitgetheiten Schinz'schen Formel als richtig an, so lässt sich mit Hülfe derselben auch das Maximum der zu erreichenden Temperatur vorher berechnen. Letzteres wird selbstverständlich die Temperatur der Verbrennungsproducte niemals überschreiten können und muss sich andererseits immer unterhalb der Temperatur halten, bei welcher das Material der Röhren weich zu werden beginnt.

Anordnung und Stellung der Winderhitzungs-Apparate. Wird die Gichtflamme des Hochofens zur Winderhitzung benutzt, so ist die Stellung des Winderhitzungsapparates auf dem Niveau der Gicht bedingt. In diesem Falle muss der kalte Wind hinauf, der warme herab geleitet werden. Die Länge der nöthigen Röhrentouren, die Beschränkung des bei grossartigem Betriebe für andere Zwecke erforderlichen Platzes gestattet eine solche Einrichtung nur bei niedrigen Hochöfen, welche einer verhältnissmässig geringen, von einer Seite auszuführenden Beschickung bedürfen. Es lässt sich daher die Winderhitzung mittelst der Gichtflamme auch nur bei Holzkohlenöfen und kleineren Koksöfen zweckmässig anwenden. Die Wärmeverluste beim Herableiten der heissen Luft kann man zwar durch die Einmauerung der Leitung in das Rauhgemäuer des Ofens verringern, dieselben werden aber trotzdem nur bei verhältnissmässig niedriger Temperatur ohne grossen Einfluss sein.

Bei der Benutzung von festen Brennmaterialien oder Hochofengasen ist die Stellung der Winderhitzungs-Apparate an sich gleichgültig, der Einfachheit der Anlage und der Kürze der den heissen Wind zum Ofen führenden Röhrenleitungen wegen pflegt man indessen das Niveau der Hüttensohle zu wählen. Die hierdurch bedingte weitere Leitung der Hochofengase hat keinen nachtheiligen Einfluss; denn man hat gerade bei diesen Gasen die Erfahrung gemacht, dass durch eine lange Leitung in Folge der Condensation des Wasserdampfes der Heizeffect derselben sich erhöht[1]). Nur in einzelnen Fällen (z. B. bei den in den Figuren 27 bis 31, Seite 31 bis 33 abgebildeten Anthracitöfen und denen zu Ystalifera in Süd-Wales) hat man die durch Gichtgas erhitzten Apparate in einem etwas unterhalb der Gicht gelegenen Niveau angebracht.

Da mit wenigen Ausnahmen, die bei kleinen Holzkohlenhochöfen vorkommen, mehrere Windströme in den Ofen geführt werden, so tritt bei Anlage der Erhitzungsapparate die Frage entgegen, ist es zweckmässiger, den Wind erst zu theilen und jeden der Windströme besonders zu erhitzen, um so seine Temperatur beliebig ändern zu können, oder ist es umgekehrt besser, erst den ungetheilten Windstrom zu erhitzen und ihn dann zu theilen. Es ist für den Erfolg in dem letzteren Falle gleichgültig, ob man den Wind nur durch einen Apparat oder, um ihn höher zu erhitzen, durch mehrere Apparate führt und die einzelnen Ströme heissen Windes in einem Hauptrohr vereinigt, um sie nachher wieder zu theilen.

Im Allgemeinen, d. h. bei einem regelrechten Ofengange, verlangt jede Seite des Ofens einen gleich starken und gleich erhitzten Luftstrom. In diesem Falle ist es daher besser, den Windstrom erst nach der Erhitzung zu theilen, da dann eine Ungleichmässigkeit, gleich lange Leitungen bis zum Ofen vorausgesetzt, nicht möglich ist. Wenn dagegen Unregelmässigkeiten im Ofengange eintreten, wird die stärkere Erhitzung auf nur einer Seite des Ofens zuweilen wünschenswerth. Für diesen besonderen Fall wäre es daher besser, jeden Windstrom mit einem besonderen Erhitzungs-Apparate zu versehen. Da aber ein solcher Fall zu den Ausnahmen gehört, und überdies der Raum durch die rings um den Ofen anzulegenden Apparate, namentlich bei zahlreichen Formen, zu sehr beschränkt würde, so zieht man in der Praxis meist die Erhitzung des ungetheilten Windstromes vor. Hierbei empfiehlt sich indessen bei grossen Windmengen oft, wie dies bereits oben ausgeführt wurde, die Anlage mehrerer kleiner, statt eines grossen Apparates, um im Falle von Reparaturen nicht mit kaltem Winde blasen zu müssen. Bei der Construction von Apparaten, welche wenig Reparaturen erfordern, oder bei denen Reparaturen schnell auszuführen sind, wird man aber auch der stets billigeren Einrichtung nur eines Apparates vor der kostspieligen Anlage mehrerer Apparate den Vorzug geben dürfen.

---

[1]) Vergleiche den folgenden Abschnitt über Gichtgase.

Eine zuweilen vorkommende, stets aber schlechte Einrichtung ist es, mit zwei getrennten Apparaten drei, mit drei Apparaten vier oder mehr Windströme derartig erhitzen zu wollen, dass eine Form von zwei Apparaten gleichzeitig ihren Wind empfängt. Gesetzt z. B. es sollten durch zwei Apparate je ein Windstrom besonders und einer gemeinschaftlich erhitzt werden, so wird eine Gleichmässigkeit der Erhitzung zwar so lange stattfinden, als beide Apparate gleichmässig arbeiten. Sobald aber der Wind des einen Apparates stärker erhitzt ist, wird der kältere, daher dichtere Wind des anderen Apparates die Ueberhand gewinnen, er wird den heisseren Strom in dem ersten Apparate gleichsam stagniren machen, also eine immer höhere Erhitzung desselben veranlassen, während er selbst umgekehrt mit immer grösserer Geschwindigkeit durch den eigenen Apparat geht und daher immer kälter wird. So erklärt sich die eigenthümliche, in der Praxis unzählige Male beobachtete Erscheinung, dass bei einer derartigen Einrichtung die Röhren des einen Apparates verbrennen, während der andere bei ganz gleicher Heizung nur schwach erhitzten Wind liefert.

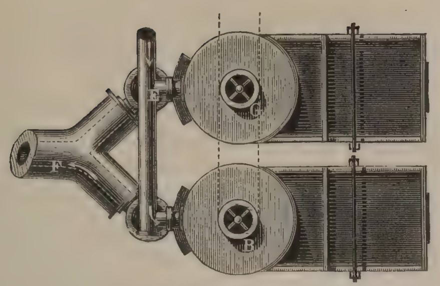
II. Regenerator-Winderhitzungsapparate.

Während der durch directe Zuführung von Feuergasen erhitzte Wind eine schlechte Wirkung äussert wegen seines grossen Gehalts an Gasen, welche bei der Verbrennung im Ofen unwirksam sind und Wärme absorbiren, so ist andererseits die Erhitzung in eisernen Röhren auch nur eine verhältnissmässig unvollkommene Benutzung der Wärme des verbrannten Brennmaterials, da selbst bei guten Einrichtungen die Feuergase noch mit einer Temperatur von vielen hundert Graden entweichen, so dass der Nutzeffect derartiger Apparate im Durchschnitt nicht über 50 Proc. angenommen werden darf, und eine Temperatur des Windes über 350^0 schon schwierig, über 600^0 gar nicht zu erzielen ist. Dagegen gewährt das von Siemens zuerst in die hüttenmännische Praxis eingeführte Regenerationsprincip die Möglichkeit einer vollständigeren Wärmeausnutzung und der Erzeugung einer höheren Temperatur. Es wurde zuerst von Krafft auf die Erhitzung der Gebläseluft anzuwenden versucht und im Jahre 1860 von Cowper wirklich benutzt, hat sich jedoch aus den weiter unten erläuterten Gründen keinen allgemeinen Eingang verschafft. In Deutschland hat man dieses Verfahren auf der Friedrich-Wilhelms-Hütte bei Siegburg, neuerdings auch zu Hörde in Westphalen angewendet, in England namentlich auf den bei Eston gelegenen Werken von Nord-Yorkshire.

Der Apparat ist in den Figuren 112 bis 114 abgebildet [1]). Man wird daraus leicht die Einrichtung und das Princip desselben erkennen. Es sind stets zwei Apparate *B* und *G* mit einander verbunden, wie Fig. 112 zeigt. Wir wollen annehmen, dass der Apparat *B* geheizt werde. Bei *A* (Fig. 113 und Fig. 114) liegt der Rost zur Feuerung. Die heissen

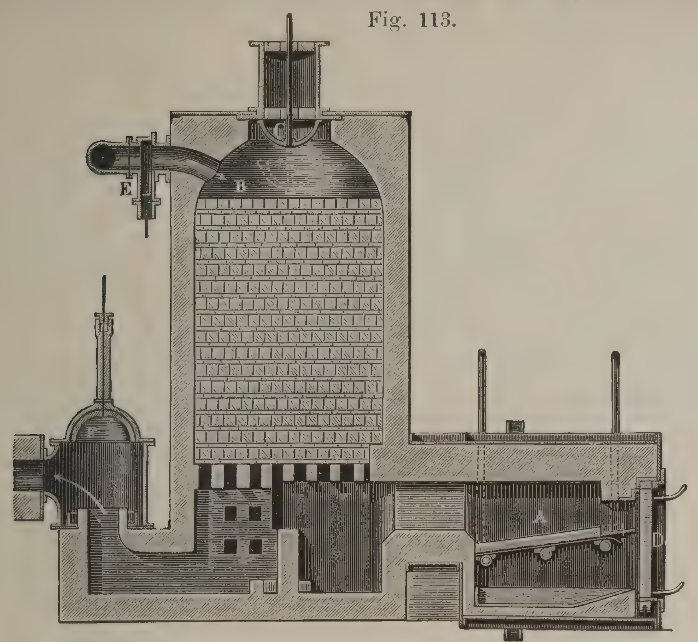
[1]) Aus Dingler, Polyt. Journ. Bd. 158, S. 104.

Fig. 112.



Obere Ansicht zweier zusammengehöriger Apparate. (In $^1/_{144}$ natürl. Grösse.)

Fig. 113.



Verticaldurchschnitt durch den Apparat *B*.

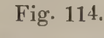
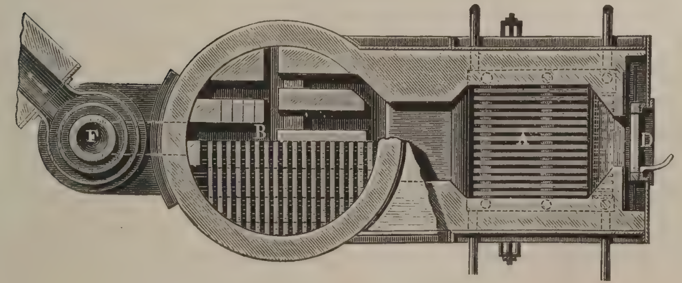


Fig. 114.



Horizontaldurchschnitt durch den Apparat *B*.

Regenerator-Winderhitzungsapparat. (In $^1/_{72}$ natürl. Grösse.)

Verbrennungsproducte ziehen in die runde Kammer *B*. Dieselbe ist mit zahlreichen (circa 16) Lagen feuerfester Steine ausgefüllt, welche unter einander schmale Zwischenräume frei lassen. Die schon vor dem Eintritt in die so gebildeten kleinen Canäle in mehrere Ströme gespaltene Flamme steigt aufwärts, giebt ihre Wärme an die feuerfesten, sehr bedeutende Berührungsfläche bietenden Steine ab und entweicht mit geringer Temperatur durch die in der punktirten Stellung (Fig. 113) befindliche Essenklappe *C* in die freie Luft. Zuerst werden die untersten Steine soweit erhitzt, dass sie keine Wärme mehr aufnehmen, allmälig die immer höher liegenden, und endlich entweichen die Gase mit einer zu hohen Temperatur, da sie keine Gelegenheit mehr finden, ihre Wärme hinreichend abzugeben. Während der ganzen Zeit ist der Schieber *E* und das Ventil *F* geschlossen, beide haben also die entgegengesetzte von der in Fig. 113 abgebildeten Stellung. Jetzt hört man mit Feuern auf, schliesst die luftdichte Thür *D*, so dass keine Luft mehr zum Roste dringen kann, und ebenso die Essenklappe *C*, öffnet dagegen den Schieber *E*, durch welchen der kalte Wind eintritt, und das Ventil *F*, durch welchen die heisse Luft austritt. Jetzt haben alle Theile die Stellungen, welche Fig. 113 angiebt. Die Luft nimmt daher nunmehr den umgekehrten Weg, als vorher die Heizgase. Sie strömt bei *E* ein, geht durch die Kammer *B*, entzieht den feuerfesten Steinen die Wärme und entweicht erhitzt unterhalb *F* zur Leitung, welche zum Hochofen führt; während zugleich in dem zweiten Apparate *G* die Erhitzung der Kammer (des Regenerators) beginnt. Bei der hohen specifischen Wärme der feuerfesten Ziegeln — (im Mittel nach Schinz[1]) 0,2083 bei dem specif. Gewichte = 1,8, während Gusseisen eine specifische Wärme von 0,1298 bei 7,207 specif. Gewicht hat) — braucht man nur ein geringes Volumen heisser Ziegel, um ein grosses Volumen Luft zu erhitzen, denn die letztere hat bei 0,001299 specif. Gewicht eine specif. Wärme von 0,2669.

Die Wärmecapacitäten gleicher Volumina der feuerfesten Steine und der Luft verhalten sich daher wie 0,2083 . 1,8 : 0,001299 . 0,2669, d. h. = 0,37494 : 0,000350601.

Im Durchschnitt stellen sich die Wärmecapacitäten pr. 1 Cubikfuss[2])

von Gusseisen 50
von feuerfestem Stein . . . 19
von Luft 0,019

oder wie 2600 : 1000 : 1.

Dieselbe Wärmemenge, welche daher genügt, um 1 Cubikfuss feuerfeste Steine zu erhitzen, genügt um 1000 Cubikfuss Luft zu erhitzen.

In bestimmten Zeiträumen wechselt man nun stets in der Weise, dass der eine Apparat geheizt, der andere aber mittelst durchgeblasener kalter Luft enthitzt wird. Naturgemäss ist die Erhitzung des Windes während jeder solcher Periode keine gleichmässige, sondern die Temperatur

---

[1]) Compend. Tab. IV. — [2]) Schinz, Wärmemesskunst, S. 52.

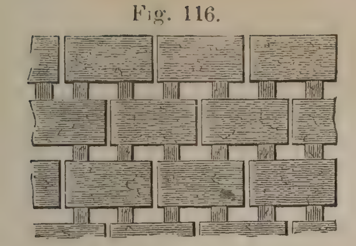
sinkt allmälig, aber die Differenz ist doch so unbedeutend, dass man bei regelmässigem Betriebe nur alle zwei Stunden zu wechseln braucht.

Der hier abgebildete Ofen ist zu Ormesby-Eisenhütte bei Middlesboro' von den Besitzern Cochrane gebaut worden und erhitzte circa 1000 Cubikfuss Luft pr. Minute auf 650 bis 700° C. Die durch die Esse abziehenden Heizgase zeigten durchschnittlich nur eine Temperatur von 50 bis 120° C. Die Temperatur der Gebläseluft variirte in den zweistündigen Perioden nur um 56 bis 83° C. Das die Ziegelsteinmasse enthaltende Gehäuse (der Regenerator) bestand aus einem schmiedeisernen Cylinder von 7½ Fuss Durchmesser. Die Anordnung der Steine lässt sich in $^1/_{20}$ natürlicher Grösse aus den Figuren 115 bis 117 ersehen.

Fig. 115.

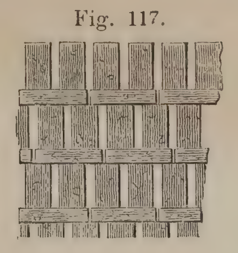
Horizontalquerschnitt.

Fig. 116.



Verticaler Längsschnitt.

Fig. 117.



Verticaler Querschnitt.

Anordnung der Steine in den Regeneratoren zu Ormesby.

Bei später gebauten Apparaten hatte der Generator 9 Fuss Höhe, 5 Fuss 10 Zoll Durchmesser, enthielt 250 Cubikfuss feuerfeste Steine und erhitzte 1000 Cubikfuss Luft auf 689 bis 705° C. Am Ende jedes Wechsels sank die Wärme auf 621° C. Bei achtwöchentlichem Betriebe der neuen Oefen ergab sich zum Erhitzen des Windes ein Verbrauch von 6 Centner Steinkohlen per ton (20 Ctr.) ausgebrachtes Eisen, während in gewöhnlichen Apparaten nur 5½ Ctr. verbraucht wurden. Indessen wurde mit ½ Ctr. mehr Kohlen in den neuen Apparaten der Wind um 195° C. höher erhitzt. Der Grund dieses verhältnissmässig noch ungünstigen Resultats wurde in dem schwachen Futter des den Regenerator umgebenden Mantels gesucht, welches nur aus 9 Zoll starken feuerfesten Steinen bestand [1]).

[1]) Dingler, Polyt. Journ. Bd. 158, S. 204.

Dieser Apparat vereinigt offenbar die Vortheile einer vollständigeren Wärmeausnutzung mit der Möglichkeit, eine höhere Temperatur hervorbringen zu können. Der Wärmeverlust besteht theoretisch nur in den durch die Feuergase aus der Esse mit fortgeführten und in den durch Ausstrahlung der äusseren Wandungen verloren gehenden Wärmetheilen, beides verhältnissmässig geringe Factoren. In der Praxis aber stellen sich noch andere Verluste und manche Schwierigkeiten entgegen, welche, wie gesagt, bisher eine allgemeine Verbreitung des Regenerationsprincips bei der Winderhitzung verhindert haben.

Der grösste Uebelstand besteht in der Schwierigkeit, die Zugänge oder Ventile, namentlich die Thür, welche zum Roste und Aschenfall führt, dicht zu halten. Man hat sie, stark mit feuerfesten Steinen ausgesetzt oder in Form eines mit Wasser gekühlten Kastens construirt, und dennoch wird ein häufiges Springen oder Verwerfen kaum vermieden, weniger in Folge der hohen Temperatur, als vielmehr veranlasst durch die häufig und ziemlich plötzlich beim Wechseln des Apparates erzeugten Temperaturdifferenzen, welche in dem Wesen des Apparates begründet und daher nicht zu vermeiden sind. In Folge dessen sind auch Windverluste schwierig zu vermeiden und können hier leicht grösser werden, als bei Anwendung eiserner Röhren. Sodann versetzen sich die Zwischenräume mit Theer und Asche, welche letztere die Oberfläche der Steine verschlackt und deren Wärmeleitungsfähigkeit dadurch beträchtlich vermindert, auch den Durchgang der Gase und der Luft hemmt. Der Verlust an Pressung ist bei diesen Apparaten erfahrungsmässig nicht grösser als bei anderen [1]) und beträgt durchschnittlich $^1/_{10}$ Pfund pro Quadratzoll, übrigens aber gilt auch hier dasselbe, was von der Reibung in den Röhrenapparaten gesagt wurde: die durch sie verrichtete Arbeit kommt der Lufterhitzung zu Gute.

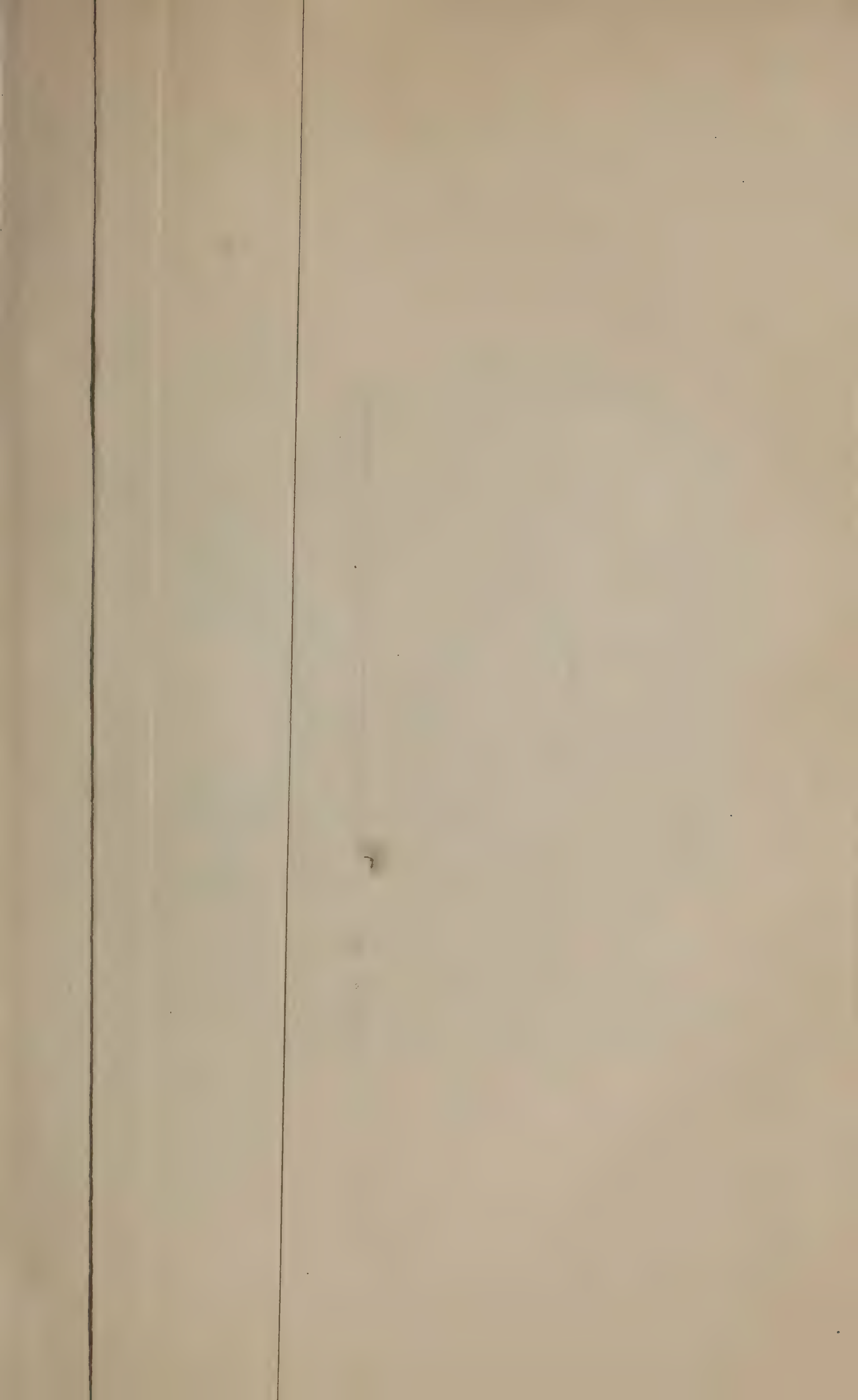
Einen dieser Uebelstände hat man durch Anwendung derartiger Brennmaterialien zu vermeiden gesucht, welche keinen Theer und keine Asche absetzen, namentlich gereinigter Hochofengase. In dieser Modification hat sich der Apparat denn auch auf vielen Werken erhalten, obwohl die Schwierigkeit der Dichthaltung nicht vermieden wurde, die sich indessen dadurch bedeutend verminderte, dass man an Stelle der die Feuerung verschliessenden Thür ein Ventil für die Gase und die zu deren Verbrennung nöthige Luft anbrachte.

Die Figuren 118 bis 121 zeigen einen solchen Apparat [2]):

Fig. 118 ist ein Längenaufriss, Fig. 119 ein senkrechter Durchschnitt, Fig. 120 ein horizontaler Durchschnitt, Fig. 121 der Grundriss eines zusammenwirkenden Paares. Zwei Paare gehören zu einem grossen Hochofen. Die Einrichtung ist aus den Zeichnungen hinreichend klar zu ersehen; es steigen die Gichtgase im Inneren des Regenerators N bis zu dessen Scheitel auf und heizen dann die Steine BB von oben nach

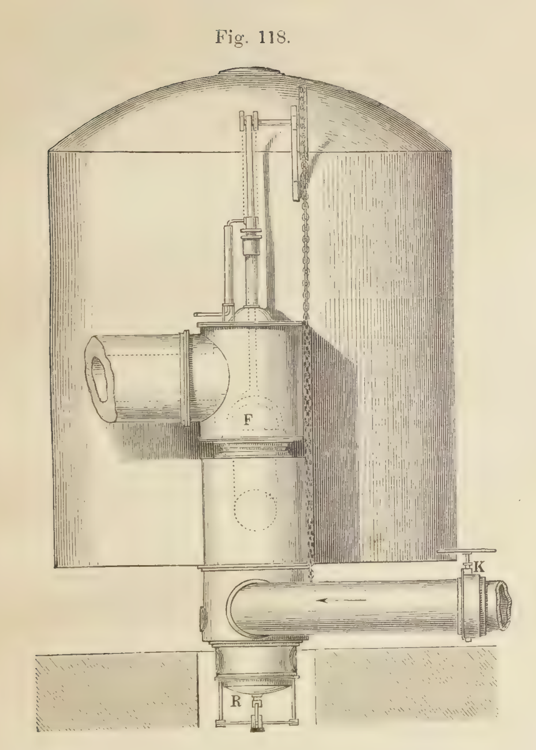
---

[1]) Dingler, Polyt. Journ. Bd. 158, S. 200. — [2]) Dingler, loc. cit. Taf. III.



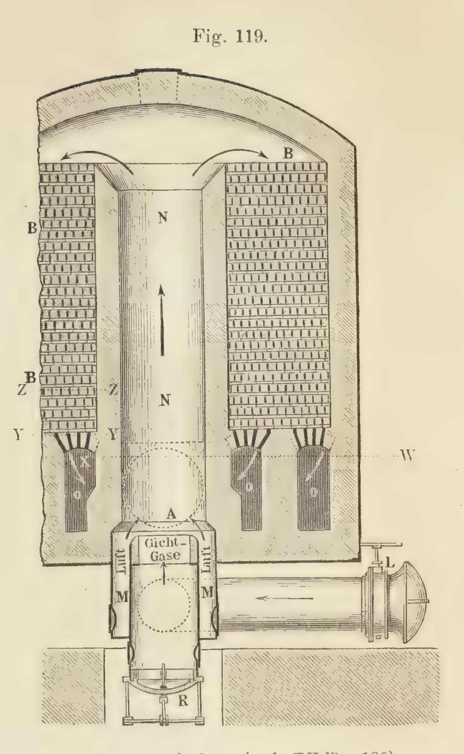
Regenerator-Winderhitzungs-Apparat mit Gichtgasfeuerung.

Fig. 118.



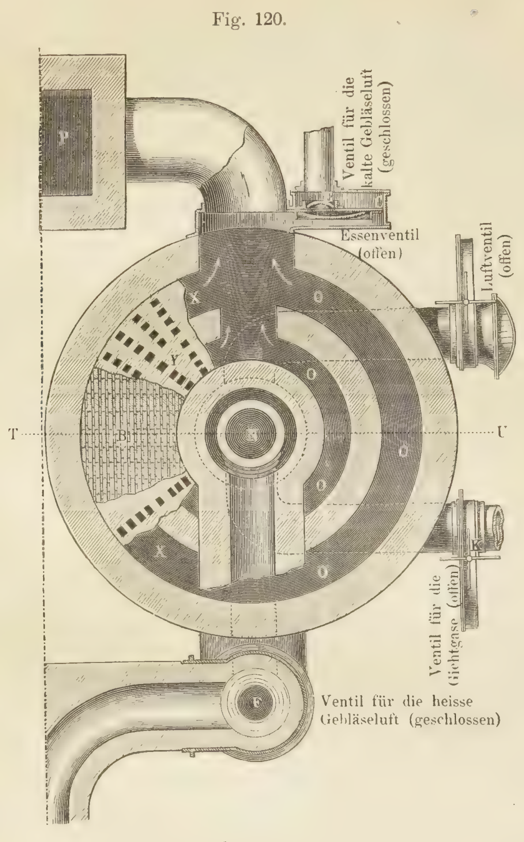
Seitenansicht.

Fig. 119.



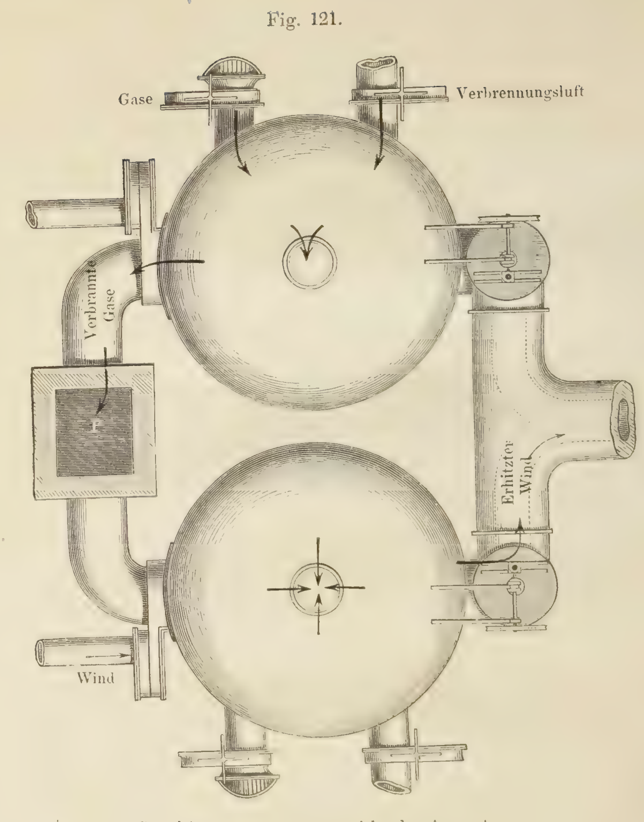
Verticaldurchschnitt (nach *TU* Fig. 120).

Fig. 120.



Horizontalquerschnitt nach *WXYZ* Fig. 119.

Fig. 121.



Grundriss zweier zusammenwirkender Apparate.

unten hinabsteigend. Während der Heizung sind die Ventile *K* und *L* geöffnet und gestatten den Gichtgasen sammt der zu ihrer Verbrennung nöthigen Luft, ersteren durch die Mitte, letzteren durch das concentrische Rohr *M* den Eintritt. Bei *A* beginnt die Verbrennung. Durch die Canäle *O* ziehen die abgekühlten Verbrennungsproducte zur Esse *P* (Stellung wie in Fig. 120). *R* ist ein Sicherheitsventil für den Fall einer Explosion. Dies Verfahren der Erhitzung von oben nach unten wird als besonders vortheilhaft geschildert, weil diejenigen Steine, welche am stärksten erhitzt werden, daher am leichtesten der Zerstörung ausgesetzt sind, den geringsten Druck auszuhalten haben, und weil ferner durch gleichmässiges Herabsteigen der allmälig kühler werdenden Gase eine Vermischung verschieden heisser Theile derselben verhindert wird.

Ist der eine Regenerator erhitzt und der andere von durchströmender kalter Luft enthitzt, so wird gewechselt, das Gasventil *K* und das Verbrennungsluftventil *L* geschlossen, ebenso das Essenventil *C*, dagegen das Ventil für den Zutritt der kalten Gebläseluft *E* und das für den Abgang der erhitzten Gebläseluft *F* geöffnet (umgekehrte Stellung wie in Fig. 120). Die Luft steigt nun von unten nach oben durch den Regenerator.

Beim Wechseln des Apparates lässt man die Gebläseluft in den erhitzten Ofen schon einziehen, bevor man sie von dem seiner Hitze beraubten absperrt, und es geht dieselbe daher einige Secunden lang durch beide Regeneratoren.

Im Allgemeinen hat sich bei Anwendung der Regeneratorapparate als wichtigster Vortheil die Möglichkeit herausgestellt, den Wind höher als in Röhrenapparaten (auf 500 bis 600^{C} und darüber) erhitzen zu können, als Nachtheile dagegen sind anzusehen ihre in Vergleich mit Röhrenapparaten hohe Anlage- und Reparaturkosten. Wo man daher eine sehr hohe Temperatur nöthig zu haben glaubt, wird man trotz der Uebelstände auf den Regeneratorapparat angewiesen sein, wird aber dann stets gut thun, die gereinigten Gichtgase des Hochofens zu seiner Heizung zu verwenden. Koksofengase werden sich wegen der Versetzungen der Kammern durch Theer und feinvertheilten Kohlenstoff noch weniger als directe Steinkohlenfeuerungen empfehlen.

d. Windleitung zum Hochofen.

Vom Winderhitzungsapparate geht, wie bereits erwähnt, der erhitzte Wind entweder in einem ungetheilten Strome zum Hochofen, oder er theilt sich in mehrere, gewöhnlich soviele Ströme, als Formen vorhanden sind. Man nennt in letzterem Falle das Fortleitungsrohr, welches den Wind aus dem Erhitzungsapparate führt, das Vertheilungsrohr. Um für den Fall einer Reparatur am Winderhitzungsapparate nicht in die Lage eines gänzlichen Betriebsstillstandes zu kommen, ist es nöthig, die Einrichtung zu treffen, dass das Hauptwindrohr, welches den Wind zum Erhitzungsapparate liefert, mit dem Vertheilungsrohre in directe Verbin-

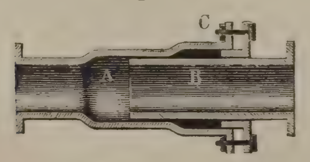
dung gesetzt werden kann. Ein für gewöhnlich an beiden Ausmündungen durch Schieberventile abgeschlossenes Rohr genügt hierfür vollständig. Hat man mehrere mit einander verbundene Erhitzungsapparate, so ist es noch nöthig, jeden einzelnen für sich absperren zu können. Es ist diese Einrichtung schon deshalb zweckmässig, um ein Mittel in der Hand zu haben, etwaige Windverluste controliren zu können. Marten [1]) führt mit Recht an, dass oft Undichtigkeiten in den Winderhitzungsapparaten vorkämen, welche zu Verlusten von 500 bis 1000 Cubikfuss Wind pr. Minute Veranlassung gäben. Uebrigens aber ist es auch durchaus nöthig, beim Stillstand des Gebläses einen vollständigen Abschluss der Röhren in den Erhitzungsapparaten von der zum Ofen führenden Leitung zu haben, da sonst leicht Gase aus dem Ofen zurückdringen und gefährliche Explosionen veranlassen können.

Je heisser der Wind ist, je grösser daher die Differenz zwischen seiner und der Temperatur der Atmosphäre, um so mehr ist er relativ der Abkühlung ausgesetzt. Um ihn hiervor so viel wie möglich zu schützen, ist erstens eine möglichst kurze Leitung vortheilhaft, und zweitens ein Umhüllen der Röhrentour mit schlechten Wärmeleitern. Man umgiebt sie daher mit Lehm (gemischt mit Stroh oder Werg), mit einem durch Holzverschalung gebildeten lufterfüllten oder durch Blechmantel hergestellten mit Sand, Schutt etc. gefüllten ringförmigen Raume.

Dieser Theil der Röhrentour ist trotz solcher Vorsichtsmaassregeln wegen des Wechselns der Temperatur von aussen und innen dem Undicht- und Schadhaftwerden am meisten ausgesetzt. Um schadhafte Röhrenstücke leichter auswechseln zu können, zieht man bei hohen Windtemperaturen die an sich unvortheilhaftere Flanschenverbindung der Muffenverbindung vor und dichtet die Flanschen durch eingepresste Kupferdrahtringe.

Compensationen. Es sind ferner, namentlich bei sehr hohen Windtemperaturen, Compensationen erforderlich, welche eine freie Ausdehnung der Röhren gestatten. Man benutzt hierzu entweder die Muffencompensation, welche in Fig. 122 abgebildet ist, und bei der sich das Rohr *B* in dem abgedrehten Stück *A*

Fig. 122.



Muffencompensation.

Fig. 123.

Scheibencompensation.

[1]) Op. cit. p. 74.

verschieben kann, während bei C eine Stopfbüchse angeordnet ist, oder man bedient sich der Flanschen- oder Scheibencompensation, welche in Fig. 123 abgebildet ist. a und b sind zwei Röhrenenden mit Flanschen. An dieselben sind die tellerförmigen Blechstücke cc und dd angeschraubt, welche mit ihren Rändern e und f unter einander vernietet sind und in Folge ihrer Elasticität hinreichend der Ausdehnung der Röhrentouren a und b folgen können.

Auch bedient man sich eines ⎍ förmigen in die Leitung eingeschalteten Rohrstückes, welches dann aber aus Schmiedeisen oder Kupfer sein muss.

Wie wichtig die Compensation bei hohen Temperaturen ist, ergiebt sich daraus, dass die Längenausdehnung des Gusseisens bei jedem Grad Wärmezunahme = 0,0000111 [1]), folglich bei 500^0 = 0,00555 ist, und sich daher eine 15 Fuss lange Leitung bei dieser Temperatur schon um 1 Zoll verlängert.

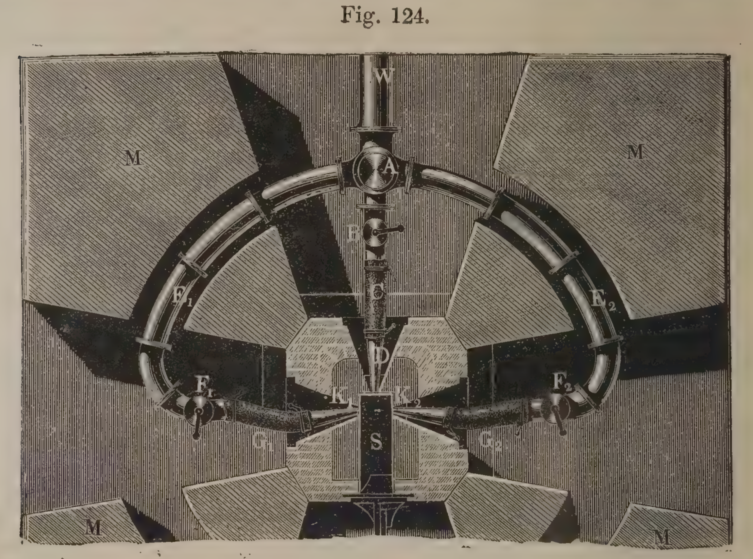
Vertheilungsrohr. Der Wind wird, abgesehen von den ganz kleinen, nur mit einer einzigen Windeinführungsöffnung versehenen Holzkohlenhochöfen, auf mehreren Seiten in den Hochofen eingeführt. Bei grösseren Holzkohlenhochöfen und kleineren Koksöfen finden sich zwei gegenüberliegende Windzuführungen, bei Kokshochöfen gewöhnlicher Dimension drei solcher, von denen eine der Arbeitsseite gegenüber angebracht ist, grosse Koksöfen erhalten dagegen vier und mehr gleichmässig im Umfange vertheilte Oeffnungen. Es ist aus diesem Grunde in den bei Weitem meisten Fällen nöthig, den Wind aus der Hauptröhrenleitung rund um den Ofen mit Ausnahme der Arbeits- (Brust- oder Vorder-) Seite zu führen. Das Vertheilungsrohr wird daher in einem entsprechenden Bogen (einem Halbkreis bei zwei und drei Zweigen, $^3/_5$ Kreis bei vier Zweigen u. s. w.) um den Ofen herumgeführt. Bei denjenigen älteren Constructionen, bei denen das Gestell des Ofens eng an das Rauhgemäuer anschliesst, legt man das Vertheilungsrohr unter die Sohle des das Rauhgemäuer von Formgewölbe zu Formgewölbe durchziehenden gewölbten Ganges, wie dies Fig. 124 (a. f. S.) zeigt, wo W das Hauptrohr ist, $E_1 E_2$ das im Rauhgemäuer M liegende Vertheilungsrohr. In diesem Falle müssen die Verzweigungen, welche den Wind in den Ofen führen, zuerst senkrecht aufsteigen (A, F_2, F_1) und gehen dann erst in drei wieder horizontalen Theilen (G, C und G_2) zum Ofen. Diese doppelte, meist durch Bogenstücke vermittelte Curve lässt sich deutlicher aus Fig. 32 zu Seite 34 ersehen. Diese Anordnung hat den Nachtheil, dass das Vertheilungsrohr sehr ungünstig für Reparaturen gelegen ist. Das Einfachste wäre das Vertheilungsrohr und die einzelnen zu den Formen führenden Zweige desselben in ein und dasselbe Niveau und zwar das der Formen

[1]) Weisbach, Ingenieur- u. Maschinenmechanik, Bd. II, S. 200.

selbst zu legen, dem steht aber entgegen, dass bei einer solchen Anordnung die Passage zwischen den Formgewölben und namentlich alle Arbeiten an der Form sehr gehindert würden, ferner dass sich die Veränderung in der Stellung des Mündungsstückes nur schwierig und unvollkommen bewerkstelligen liesse.

Wenn man daher Raum dafür gewinnen kann, wie dies bei den Oefen mit freistehendem Gestell, namentlich solchen, bei denen das Rauhgemäuer

Fig. 124.



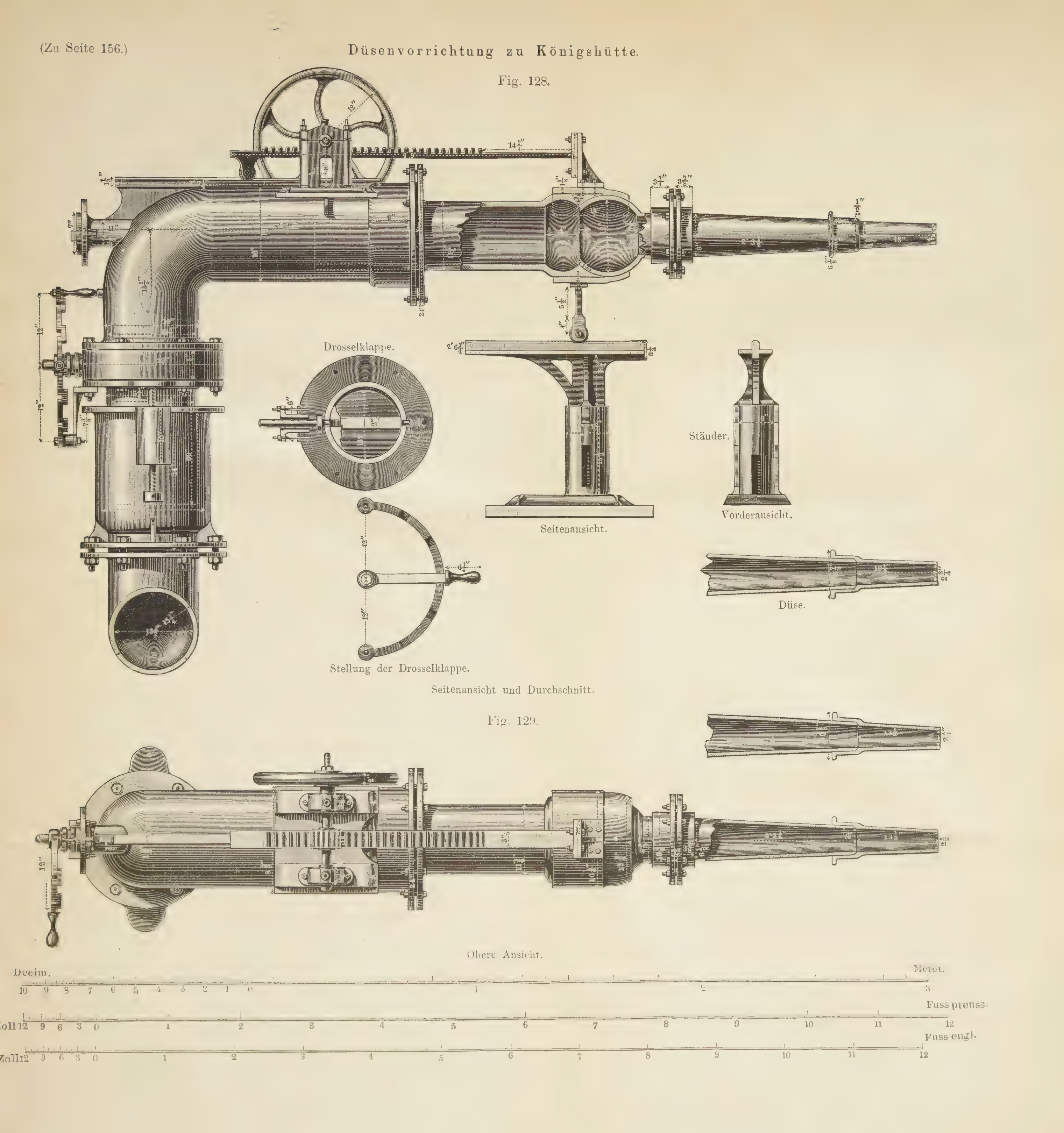
Tiefliegendes Vertheilungsrohr.

des oberen Theiles auf eisernen Säulen oder Stützen ruht, keine Schwierigkeit hat, so zieht man es vor, das Vertheilungsrohr in solcher Höhe anzubringen, dass man ohne Schwierigkeit darunter gehen und arbeiten kann, und die Zweigröhren von dort aus abwärts zu führen, wie dies in Fig. 4, 6 und 13 dargestellt ist. Es wurde bereits Seite 16 darauf hingewiesen, dass eine solche Einrichtung den Vortheil habe, ein tieferes Eindringen der Schlacke bei plötzlicher Abstellung des Windes zu verhüten. Gegen den Nachtheil, dass bei solcher Einrichtung die Hochofengase leichter in die Leitung zurückströmen, kann man sich ohne Schwierigkeit durch Schluss der Ventile schützen, welche in Form von Drosselklappen oder Schiebern ohnedies zur Regulirung der Windmengen an jedem Zweigrohre angebracht sein müssen.

Vorrichtungen zum Einblasen von festen Substanzen. Man hat zuweilen mit Erfolg bei Unregelmässigkeiten des Hochofenganges Substanzen, welche leichtflüssige Schlacken hervorbringen, wie Chlor- oder Fluorverbindungen, z. B. Kochsalz oder Flussspath oder Kohlenstaub zur örtlichen Erhöhung der Temperatur eingeblasen. Um dieselben in be-

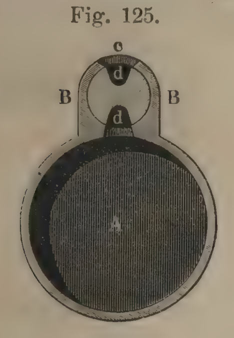


Düsenvorrichtung zu Königshütte.



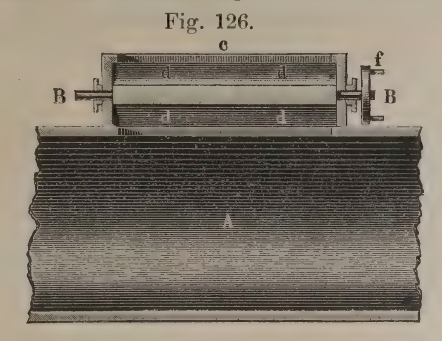
stimmten Quantitäten ohne Störung in das Windleitungsrohr und auf diese Weise mit dem Windstrome in den Ofen zu befördern, bringt man sogenannte Wechselladen an. Die Figuren 125 und 126 zeigen eine solche. Auf dem horizontalen zum Ofen führenden Windrohre A befindet sich angegossen oder angeschraubt das im Inneren cylinderförmig ausgedrehte Stück B, welches oben eine schlitzförmige Oeffnung c hat. In

Fig. 125.




Querschnitt.

Fig. 126.



Längsschnitt.

Wechsellade.

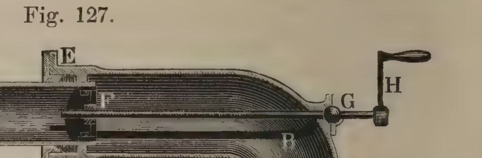
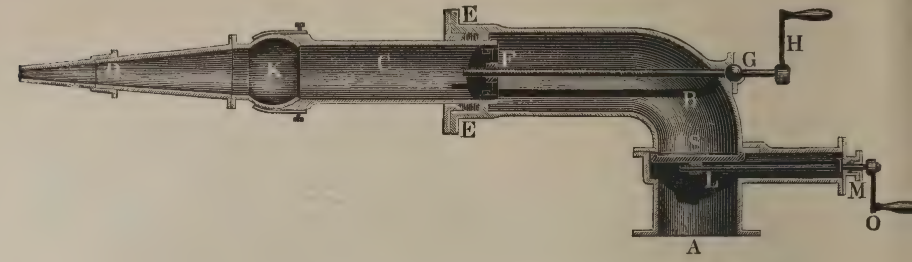
demselben bewegt sich die eingeschmirgelte Wechsellade, welche mit zwei entgegengesetzt liegenden, zuweilen auch vier oder mehr ringsum vertheilten halbkreisförmigen Einschnitten dd versehen ist. Die Wechsellade ist auf einer Welle befestigt, deren Zapfen in Stopfbüchsen laufen, und kann von aussen durch das mit Handgriffen versehene Rädchen f gedreht werden. Man füllt den oben stehenden Schlitz mit der betreffenden Substanz, dreht die Lade um 180^0 herum und befördert so die erstere in das Rohr A, aus welchem sie der Wind in den Ofen führt.

e. Die Düsen.

Das Ende jedes Zweiges der Windleitung wird durch ein konisches Stück, die Düse (*blast-pipe*), gebildet. Dieselbe besteht aus Gusseisen, nur bei kleinen mit kalter Luft betriebenen Hochöfen aus Blech. Sie muss eine bestimmte, aber Veränderungen zulassende Lage haben, darf daher mit dem Windleitungsrohre nicht fest verbunden sein. Bei kaltem Winde schaltet man zu diesem Zwecke zwischen Düse und Windleitungsrohr einen Lederschlauch (vgl. Fig. 124) ein. Bei warmem Winde ist dies nicht zulässig. Um die Verstellbarkeit der Mittellinie in diesem Falle zu ermöglichen, bedient man sich der Kugelgelenke K, Fig. 127 (a. f. S.), um aber auch die Düse vom Ofen entfernen zu können, macht man das letzte Röhrenstück vermittelst einer Stopfbüchse im Leitungsrohre verschiebbar, wie dies gleichfalls die Fig. 127 zeigt, in welcher C das in E verschiebbare Röhrenstück ist. Man kann, um die Stellung der beiden Röhrenstücke selbst gegeneinander zu reguliren, sich sehr verschiedener mechanischer

Vorrichtungen bedienen. Die hier angedeutete Schraube *FG*, welche durch die Kurbel *H* gedreht wird, ist wegen der Querschnittsverengung

Fig. 127.

Düsenvorrichtung mit Kugelgelenk.

durch die Mutter *F* nicht vortheilhaft. Besser ist deshalb eine ausserhalb des Rohres liegende Bewegung durch Zahnstangen.

Eine solche ist in den Figuren 128 und 129, welche einen Düsenapparat zu Königshütte in Oberschlesien abbilden, dargestellt. Hier ist von Aussen mit dem Kugelgelenk eine Zahnstange verbunden, vermittelst deren die Düse vor- und rückwärts geschoben werden kann. Eine zweite Stopfbüchse befindet sich in dem verticalen Theile des Windrohres und ermöglicht eine bedeutendere Differenz in der Höhe der Düse auszugleichen, als es durch das Kugelgelenk allein möglich ist und zwar ohne die Axe der Düse selbst zu verändern.

Das Endigungsstück, welches, wie erwähnt, Düse genannt wird, ist an seiner Mündung nicht von der Weite der Windleitung, sondern konisch verengt. Es hat dies zwei Gründe. Erstens ist der Ausflusscoëfficient bei konischen Röhren am grössten, wenn dieselben 6^0 Seitenconvergenz haben und fünfmal so lang als im Mittel weit sind. Er ist dann 0,86, während er bei cylindrischen Ausflussröhren nur 0,74 ist [1]), zweitens aber bedingt die Grösse der Düsenöffnung die Pressung oder die Quantität des zum Ofen gelangenden Windes. Diese Oeffnung muss daher eine ganz bestimmte Grösse haben, während die Windleitung selbst einen von anderen Umständen (Reibung, Erhitzung u. s. w.) abhängigen Durchmesser hatte. Die Grösse des Düsendurchmessers schwankt zwischen 1 und 5 Zoll. Bei Holzkohlenhochöfen mit einer Düse beträgt dieselbe $1^1/_2$ bis $2^5/_8$ Zoll, bei solchen mit zwei Düsen 1 bis $2^1/_2$ Zoll, bei Koksöfen mit 2 bis 3 Düsen $2^1/_4$ bis $3^3/_4$ Zoll, bei solchen mit mehr Düsen 2 bis $3^1/_2$ Zoll. Nur bei einzelnen grossen Holzkohlenhochöfen in Sibirien kommen Düsen von 5 Zoll vor [2]) und in Belgien hatte man bei Koksöfen längere Zeit hindurch 4 Zoll weite Düsen eingeführt.

[1]) Bei genau geformten Ausflussöffnungen hat Weisbach zwar 0,917 gefunden, für die Praxis aber nehmen Schmidt, Hauer u. A. 0,86 als richtig an. Koch hatte 0,85 gefunden, conf. Weisbach I, S. 588, Hauer S. 11 — [2]) Kerl III, S. 272.

Selten und nur versuchsweise hat man Düsen von anderer als einfacher konischer Form angewendet. So hat Truran zwei concentrische Röhren in einander gelegt, welche dem Ofen Wind von verschiedener Pressung oder Temperatur zuführen sollen. Aehnliche Formen sind auch gewählt worden, um Gichtgase oder Generatorgase, gemischt mit Gebläseluft, einzublasen.

Das Quantum des aus den Düsen strömenden Windes, der Querschnitt der Düsenöffnung und die Pressung stehen in bestimmtem Abhängigkeitsverhältniss. Zwei der Factoren geben immer die Grundlage zur Berechnung des dritten. Ferner stehen wieder Pressung und Windtemperatur in Abhängigkeit von einander. Es ist daher nöthig, zur Berechnung der Windmengen Pressung und Temperatur des Windes zu kennen. Man findet sie durch Messung mit den im folgenden Capitel beschriebenen Instrumenten.

f. Instrumente zum Messen der Windpressung und Windtemperatur.

a. Windpressung.

Die Instrumente, welche dazu dienen, die Windpressung zu messen, nennt man Windmesser oder Manometer. Man vergleicht den Ueberdruck des Windes über den Druck der Atmosphäre auf einen gewissen Querschnitt mit dem Drucke einer Quecksilber- oder Wassersäule auf denselben Querschnitt und unterscheidet in letzterer Beziehung Quecksilber- und Wassermanometer. Die meisten Manometer bestehen in einem communicirenden Rohre, dessen unterer Theil mit der betreffenden Flüssigkeit erfüllt ist. Der eine Schenkel steht mit der Röhrenleitung, welche die comprimirte Luft enthält, der andere mit der atmosphärischen Luft in Verbindung. Die Wassermanometer sind bei Hochöfen ganz ausser Gebrauch gekommen, weil bei einigermaassen starkem Luftdruck die demselben das Gleichgewicht haltende Wassersäule zu hoch ausfallen müsste.

Man braucht deshalb gegenwärtig stets Quecksilbermanometer, welche wegen ihrer bequemen und compendiösen Form leichter von Ort zu Ort zu transportiren sind, oder wenn sie stetig an der Windleitung befestigt sind, weniger Raum wegnehmen und daher weniger bei der Arbeit hinderlich und auch weniger Beschädigungen durch die Arbeiter ausgesetzt sind.

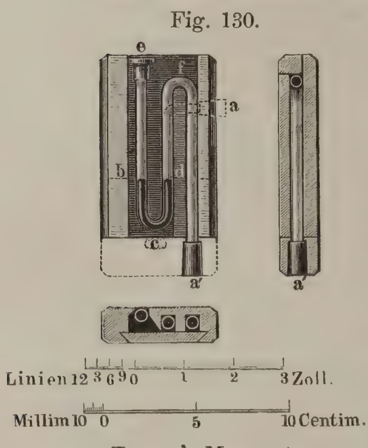
Man bringt gewöhnlich ein Manometer in der Nähe der Gebläsemaschine an und eins an jedem zum Ofen führenden Zweigrohre, um so die Veränderung des Druckes in der ganzen Röhrenleitung kennen zu lernen. Kennt man nämlich den constanten Verlust an Pressung, welchen die ganze Gebläsevorrichtung im normalen Zustande erleidet, so wird ein am Manometer sich kundgebender grösserer Druckverlust unmittelbar auf schadhafte Stellen (Undichtigkeiten u. dgl.) hinweisen und zu näheren Untersuchungen der einzelnen Theile des Apparates auffordern.

So nothwendig solche Instrumente sind, so schwierig ist es, dieselben in der Nähe der Düse vor dem Zerbrechen auf lange Zeit zu schützen und deshalb empfiehlt es sich oft, solche Manometer anzuwenden, an denen man alle Reparaturen ohne Hülfe des Mechanikus selbst ausführen kann.

Hebermanometer. Die gebräuchlichsten Manometer sind die Hebermanometer mit einem gebogenen Glasrohre. Fig. 130 zeigt ein solches sehr einfaches Manometer mit Holzverbindung, wie es von Tunner[1]) beschrieben ist.

Es besteht in einer cylindrischen Glasröhre, deren innere Weite 2 bis 3 Linien Durchmesser hat, und die in der Richtung von $a'fce$, also zweimal parallel umgebogen ist, oder auch in der Richtung $afce$, wenn sie nicht auf, sondern seitwärts in das Windrohr eingesetzt werden soll. An dem Ende a' (beziehungsweise a) ist das Rohr mit einem übergeschobenen (durchbohrten) Korkpfropfen versehen, dessen äusserer Umfang der in der Windleitung angebrachten Oeffnung (einem gebohrten und ausgeschmirgelten Loche) entspricht; bei heissem Winde nimmt man statt des Korkes weiches Holz oder mit Eisenkitt umschmierte Bindfäden. Man füllt das Rohr bis etwa zu $b\,d$ mit Quecksilber, befestigt es mit Draht auf einem mit Seitenleisten und einer verglaseten Schiebethür versehenen Brette und klebt dann eine auf Papier gezeichnete Scala an, deren Nullstrich mit dem Niveau des Quecksilbers harmonirt. Setzt man nun den Apparat mit dem Pfropfen a' oder a luftdicht in die Oeffnung der Windleitung, so drückt der Wind, der in dem Schenkel $a'f$ aufsteigt, auf den Quecksilberspiegel bei d und das Quecksilber steigt bei b in die Höhe. Vorausgesetzt, dass die Schenkel senkrecht stehen, wird die Differenz in der Höhe beider Quecksilberspiegel den Druck der Luft angeben. Die Scala ist von dem Nullpunkte bei $b\,d$ in aufwärts oder abwärts steigender Richtung nach Maass- oder Gewichtseinheit eingetheilt. Jeder Zoll, Decimeter oder jede sonstige Längeneinheit, mit der man die Differenz der Höhe beider Quecksilberspiegel misst, entspricht nämlich einem bestimmten durch Pfunde, Kilogramme oder jede andere Gewichtseinheit ausdrückbaren Gewichte der Luft. Da in jedem Falle die Höhe, bis zu welcher das Quecksilber über dem Nullpunkte steht, gleich der Tiefe ist, bis zu welcher dasselbe im zweiten Schenkel unter den Nullpunkt fällt, so ist die Differenz der Spiegel stets zweimal so gross, als jede dieser einzelnen Grössen. Man braucht daher,

Fig. 130.



Tunner's Manometer.

[1]) Stabeisen- und Stahlbereitung, Bd. II, S. 241.

um die wirkliche Differenz zu bestimmen, nur die an der Scala direct abgelesene Höhe, um welche das Quecksilber in dem einen Schenkel gestiegen ist, jedesmal zu verdoppeln, oder man theilt die Scala in halbe Maassstäbe ein, so dass z. B. die Bezeichnung 1 Zoll, 2 Zoll u. s. w. an die wirkliche Höhe von $^1/_2$, 1 Zoll u. s. w. gesetzt wird.

In Deutschland wie in England richtet man die Scala meist derartig ein, dass auf der einen Seite Zolle angegeben sind, auf der anderen Pfunde. Da nun eine Säule von 28 Zoll Quecksilber einer Luftsäule von einer Atmosphäre, welche mit ungefähr 14 Pfund auf den Quadratzoll drückt, das Gleichgewicht hält, so entsprechen stets zwei Zoll Quecksilbersäule einem Pfunde Luftdruck, oder ein Zoll einem halben Pfunde. Genauer entspricht der Luftdruck von 14,103 Zollpfund auf einen preussischen □Zoll oder 20617 Zollpfund auf 1 □Meter einer Quecksilbersäule von 28 Pariser Zoll oder 28,98 preuss. Zoll oder 75,80 Centimeter.

Es entspricht daher einem

Luftdruck über den äusseren Atmosphärendruck von	Eine Quecksilbersäule von	
Zollpfund.	Centimeter.	preuss. Zoll.
1	5,4	2,05
2	10,7	4,1
3	16,1	6,2
4	21,5	8,2
5	26,9	10,3
6	32,2	12,3
7	37,6	14,4
8	43,0	16,4
9	48,3	18,5
10	53,7	20,5
11	59,1	22,6
12	64,5	24,6
13	69,8	26,7
14	75,2	28,8

Wie bereits erwähnt, muss man behuf directer Ablesung des wirklichen Druckes an der Scala die Bezeichnung der Zoll- oder Centimeterlängen, um welche das Quecksilber in dem einen Schenkel über dem Nullpunkte steht, verdoppeln. Wenn also das Quecksilber in Wirklichkeit um 1 Zoll Höhe über den Nullpunkt gestiegen ist, so findet man dort die Bezeichnung 2 Zoll oder 1 Pfund, bei 2 Zoll Höhe die Bezeichnung 4 Zoll oder 2 Pfund u. s. f.

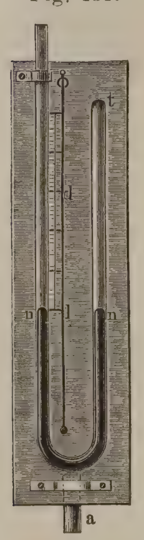
Zuweilen ist es vortheilhaft für die anzustellenden Berechnungen, den Winddruck in Längen einer Wassersäule auszudrücken. Da nun Wassermanometer aus den angeführten Gründen, zu denen sich noch die Unsicherheit des Beobachtens in Folge der bedeutenden Schwankungen im Wasserspiegel bei wechselnder Windpressung gesellt, unzweckmässig sind,

so benutzt man nichtsdestoweniger das Quecksilbermanometer, aber man theilt jeden Zoll oder Centimeter der Scala in 13,6 oder rund 14 Theile, dann entspricht jeder dieser Theile einem Zoll Wassersäule, da das specif. Gewicht des Quecksilbers = 13,6 ist. Oft bringt man auch an dem Schenkel, in welchem das Quecksilber steigt, die eine, an dem, in welchem es fällt, die andere Eintheilung an.

Die Eintheilung bis zu $^1/_{16}$ Pfund oder $^1/_8$ Zoll genügt für die Praxis in allen Fällen, wo man nicht besondere theoretische Untersuchungen anstellen will.

Die verschiedenen, ursprünglich sehr einfachen Manometer sind vielfach verbessert worden, aber tragen dann stets den Mangel an sich, schwerer herstellbar zu sein. Zur Genauigkeit trägt wesentlich die Verbindung des Glasrohrs mit einer Metallplatte bei. Ein derartiges einfaches und daher noch praktisches, sehr gebräuchliches Manometer ist in Fig. 131 abgebildet. Das auf einer Messingplatte befestigte heberförmige Rohr ist bei *t* rechtwinklig umgebogen, geht durch eine Oeffnung hinter der Metallscheibe abwärts und mündet in die Metallröhre *a*, welche auf die Windleitung aufgesetzt wird. Die Scala *d* besitzt die gewöhnliche Theilung. Um die Schenkel leicht senkrecht stellen zu können, ist das Loth *l* angebracht.

Fig. 131.



Um die Oscillationen der Quecksilbersäule, welche in Folge der Trägheit des Quecksilbers grösser ausfallen, als die Unregelmässigkeiten des Windstromes [1]), zu vermindern und dadurch die Beobachtungen zu erleichtern, verengt man das Rohr an seinem unteren zwischen den beiden senkrechten Schenkeln gelegenen Bogen bis auf $^1/_3$ — $^1/_4$ des übrigen Querschnittes, am zweckmässigsten durch einen Hahn, durch dessen Drehung sich das für die Praxis am besten entsprechende Verhältniss leicht in jedem Falle reguliren lässt.

Um in dem Falle, in dem man nicht feststehende Manometer anwendet, das Quecksilber beim Transport nicht zu verschütten, bringt man an der dem Windrohr zugekehrten Mündung einen Hahn an, an dem oberen, mit der Atmosphäre communicirenden Rohrtheile aber ein Verschlussschräubchen [2]).

Schwierig ist eine auch nur für die Praxis genügende Genauigkeit bei hocherhitztem Winde zu erreichen. Bekanntlich siedet das Quecksilber schon bei 360° C., und schon unter dieser Temperatur findet eine starke Verdampfung [3]) statt, welche schnell die Quecksilbermenge verringern und ungenaue Beobachtungen veranlassen würde. Man darf daher

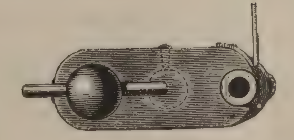
[1]) Kerl, Bd. I, S. 664; Scheerer, Bd. I, S. 457. — [2]) Hauer, Hüttenwesen-Maschinen Taf. I, Fig. 12. — [3]) Wassermanometer sind wegen der noch leichteren Verdampfung bei erhitztem Winde ganz unanwendbar.

entweder bei jeder Messung nur auf einige Augenblicke den Wind eintreten lassen, so dass das Quecksilber nicht Zeit hat, sich hinlänglich zu erwärmen, oder man muss wenigstens den der Windleitung zunächst lie-



Fig. 132 bis 135.

Verticaler Längsschnitt. Vorderansicht. Seitenansicht.



Oberansicht.

Karsten's Manometer.

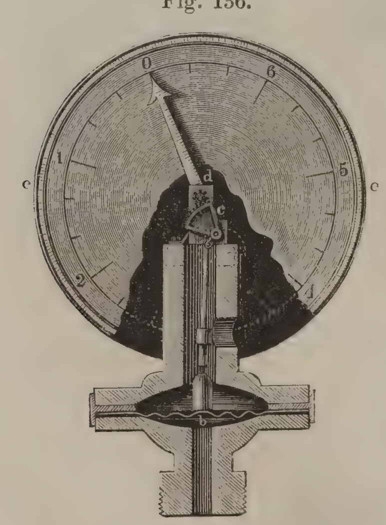
genden Schenkel durch Wasser kühlen. Das Erstere erreicht man am einfachsten durch Oeffnen und Schliessen eines Hahnes, und die nach Karsten's Angaben [1]) in dieser Weise construirten, in Fig. 132 bis 135 (a. vor. S.) abgebildeten Manometer werden namentlich auf schlesischen Eisenwerken sehr häufig benutzt.

Die Glasröhren befinden sich in einem ganz von gegossenem Eisen angefertigten Gehäuse. Nur die Schrauben und Hähne *s* bestehen aus Schmiedeisen. Die Scala ist von Messing [2]). Der Sperrhahn, welcher erst in dem Augenblicke des Beobachtens geöffnet wird, befindet sich am oberen Ende des vertical aufsteigenden Rohres.

Da indessen trotzdem bei sehr heissem Winde eine schnelle Verminderung des Quecksilbers kaum zu vermeiden ist, so thut man gut, die Scala durch eine Stellschraube auf dem Brette oder der Metallplatte, auf welcher das Manometer befestigt ist, verschiebbar zu machen, so dass man den 0-Punkt leicht auf das Niveau der im Gleichgewicht befindlichen Quecksilbersäule einstellen kann.

Gefässmanometer. Gefässmanometer, d. h. solche, bei denen (wie bei den Gefässbarometern) die comprimirte Luft auf eine verhältnissmässig sehr grosse Oberfläche von Quecksilber drückt, während die Steigung des letzteren nur in einem schwachen Rohr abgelesen wird, wendet man in der Praxis selten an. Sie haben zwar den Vortheil, dass man, da der Flüssigkeitsspiegel in dem Gefässe nur sehr wenig sinkt, diese Differenz der beiden Spiegel vernachlässigen und die ganze Höhe der Steigung direct an der Scala des Rohres ablesen kann, aber sie sind unbequem in der Handhabung, schwer zu repariren oder gar zu ersetzen.


Fig. 136.



Metallmanometer.

Metallmanometer. Nicht selten finden in neuerer Zeit die ursprünglich nur auf höhere Spannungen berechneten Metallmanometer, welche bei Dampfkesseln vielfach benutzt werden, zur Messung der verhältnissmässig geringen Windpressungen Anwendung. Ihre Wirkungen beruhen bekanntlich auf den Formänderungen, welche metallene Gefässe in Folge innerer oder äusserer Pressung auf ihre Wände annehmen. Namentlich hat sich das von Schäffer und Budenberg construirte, in Fig. 136 abgebildete

---

[1]) Eisenh. Taf. IX, Fig. 17 bis 20. — [2]) Karsten Bd. II, S 575.

Eingang verschafft[1]). Der unterhalb der gewellten Stahlplatte *a* und der zum Schutz der ersteren dienenden Gummischeibe *b* zutretende Wind biegt dieselben je nach dem Druck mehr oder weniger durch und hebt dadurch die darauf ruhende Stange, welche durch Räderübersetzung *c* die Bewegung auf den Zeiger *d* überträgt. Die Eintheilung der Scheibe *ee* ist dem Quecksilbermanometer entsprechend empirisch angefertigt und mit der Bezeichnung Pfunde, Zolle u. s. w. versehen.

Alle anderen Formen der ursprünglich zum Messen von Dampfspannungen construirten Metallmanometer, wie die von Gäbler und Veitshaus mit doppelter gewellter Stahlplatte, die von Schinz und Bourdon mit hohler Metallspirale u. s. w.[2]), können ebenso gut benutzt werden.

b. Temperatur.

Um die Temperatur der Gebläseluft zu bestimmen, bedient man sich bis zu 300° mit hinreichender Genauigkeit für die Praxis des Quecksilberthermometers, welches in eine dazu bestimmte Oeffnung in der Windleitung vermittelst eines Stopfens eingesetzt wird. Höhere Temperaturen bestimmt man durch Pyrometer, deren Construction theils auf der verschiedenen Ausdehnung, theils auf den verschiedenen Schmelzpunkten der Metalle und Metalllegirungen beruht. Ein Pyrometer, für welches ein aus Kupfer und Stahl zusammengesetzter sogenannter Compensationsstreifen benutzt wird, ist in Fig. 137 abgebildet[3]); *fgh* ist der aus Kupfer und Stahl zusammengelöthete Compensationsstreifen, welcher bei *f* befestigt ist. Gegen das lose Ende des Streifens *h* lehnt sich der kürzere Arm eines Hebels ab, dessen grösserer Arm *oa* mit Zähnen *cd* versehen ist und die Bewegung durch ein Triebwerk auf die Nadel *zz* überträgt. Bei erhöheter Temperatur krümmt sich der Streifen stärker, bei geringerer streckt er sich. Damit in letzterem Falle der Zeiger der rückgängigen Bewegung folge, ist an seiner Axe eine Spiralfeder *s* an-

Fig. 137.



[1]) Scholl, Führer des Maschinisten S. 169. — [2]) Loc. cit. S. 170. — [3]) Pouillet-Müller, Lehrb. d. Physik, 1864. II. S. 565.

gebracht. Das Instrument wird beim Gebrauch in eine uhrgehäuseartige Kapsel, welche mit der Windleitung in Verbindung steht, eingesetzt.

Gleichfalls auf der ungleichmässigen Ausdehnung verschiedener Metalle in der Wärme beruht das G a u n t e l e t t'sche Pyrometer, welches in Fig. 138 und 139 abgebildet ist. Es sind hierbei ein Messingrohr R



Aeussere Ansicht des G a u n t e l e t t'schen Pyrometers. $^1/_2$ nat. Grösse.

Durchschnitt des G a u n t e l e t t'schen Pyrometers. Nat. Grösse.

und ein Eisenstab P durch einen Niet C unverrückbar mit einander verbunden. Auf das obere Ende des Eisenstabes stützt sich ein in einer Pfanne C ruhendes Stahlstäbchen x, welches mit seiner anderen Spitze gegen das Triebwerk eines Zeigers (w, y, z) drückt. Die Feder F vermittelt

die ruhige ununterbrochene Anlage zwischen beiden Theilen. Setzt man das unterhalb des Konus *AA*, welcher das in die Röhrenleitung gebohrte Loch verschliesst, liegende Rohr, dem man eine Länge von 18 Zoll bis zu 5 Fuss giebt, dem erhitzten Winde aus, so dehnt sich das Messingrohr mehr als der Eisenstab aus. Die das ganze Triebwerk umgebende Kapsel *BB* sitzt fest am Messingrohr *RR* und da mit ihr die Axen des Triebwerks verbunden sind, so ändert sich seine relative Stellung gegen das Rohr nicht. Der Eisenstab *P*, welcher sich weniger ausdehnt, bleibt dagegen zurück. Das Lager *c* und damit der Stab *x* sinken gegen das Triebwerk herab, alle Theile des letzteren, von der Feder *F* gedrückt, folgen und der Zeiger bewegt sich.

Diese Manometer, welche von Schäffer und Budenberg in Buckau-Magdeburg, denen der Bearbeiter auch die Zeichnungen und übrigen Angaben verdankt, verfertigt werden, haben sich auf mehreren Hüttenwerken, z. B. Königin-Marienhütte bei Zwickau, vollständig bewährt. Man muss beim Gebrauch nur das Rohr *RR* vor Beulen schützen. Die Oeffnung, in welche das Rohr *R* eingelassen wird, befindet sich am besten am Knie der Windleitung in der Axe des verticalen Rohrstückes, gleichgültig ob das letztere abwärts oder aufwärts führt.

Die Eintheilung wird von den Fabrikanten folgendermaassen hergestellt. Ein Oelbad wird erhitzt, die Temperatur an einem genauen Quecksilberthermometer bis zu 300^0 abgelesen und auf dem Instrumente der jedesmaligen Zeigerstellung gemäss angetragen. Die weitere Eintheilung erfolgt nach Maassgabe der erhaltenen Grade gleichmässig unter der Voraussetzung, dass die Längenausdehnungen beider Metalle in höheren Temperaturen in demselben Verhältnisse fortschreiten. Die Erfahrung hat gelehrt, dass das Instrument bis zu einer Temperatur von circa 800^0 oder bis zu anfangender Kirschrothgluth des Messings und Eisens gebraucht werden kann, ohne Schaden zu nehmen, d. h. dass es beim Erkalten stets wieder auf den 0^0 zurückgeht. Es reicht daher vollständig zum Messen der gewöhnlich vorkommenden Windtemperaturen aus.

Häufig benutzt man den Schmelzpunkt verschiedener Metalle zur Bestimmung des Temperaturgrades. In England namentlich wendet man Stängelchen von Blei oder Zink an. Da Blei bei 334^0, Zink aber erst bei 411^0 schmilzt, so ist das Flüssigwerden des ersteren bei gleichzeitigem Starrbleiben des zweiten ein Beweis, dass die Temperatur sich innerhalb der beiden angegebenen Schmelzpunkte und somit innerhalb der gewünschten Grenzen bewegt. Man hält zu diesem Zwecke das Metallstück in den Windstrom, dem man nach Entfernung einer eisernen Schraube einen Ausweg aus dem Rohre gestattet. Weit genauer werden die Resultate, wenn man sich der von Mayrhofer zu diesem Zwecke combinirten Legirungen von Zinn und Blei und Blei und Silber bedient, welche auf S. 166 mitgetheilt sind. Natürlich ist bei den schwankenden Angaben über die Schmelzpunkte der Metalle auch eine solche Bestimmung nur relativ richtig, doch bedarf man in der Praxis auch keiner anderen Angaben.

Tabelle
der Schmelzpunkte pyrometrischer Legirungen nach v. Mayrhofer[1]).

Zinn	Blei	Schmelzpunkt	Blei	Silber	Schmelzpunkt	Blei	Silber	Schmelzpunkt
Procent.		° C.	Procent.		° C.	Procent.		° C.
100,0	0,0	230	98,6	1,4	340	75,5	24,5	500
90,3	9,7	240	97,1	2,9	350	72,2	31,8	550
80,8	19,2	250	95,6	4,4	360	65,0	35,0	575
71,1	28,9	260	94,2	5,8	370	61,0	39,0	600
61,5	38,5	270	92,8	7,2	380	57,8	42,2	625
52,0	48,0	280	91,3	8,7	390	54,3	45,7	650
42,3	57,7	290	89,9	10,1	400	50,5	49,5	675
32,3	67,7	300	89,0	11,0	410	46,9	53,1	700
23,0	77,0	310	86,8	13,2	425	43,4	56,6	725
13,5	86,5	320	82,7	17,3	450	39,6	60,4	750
3,8	96,2	330	79,5	20,5	475	36,0	64,0	775

Man bringt eine Zahl dieser Legirungen in kleine eiserne oder kupferne Gefässe von der Form eines Fingerhutes und lässt diese in den Windstrom ein. Die Temperatur des Windes liegt dann stets zwischen dem Schmelzpunkte der bereits geschmolzenen und dem der nächst schwerer schmelzbaren ungeschmolzen gebliebenen Legirung.

In den meisten Ländern bestimmt man die Windtemperatur nach Graden der Celsius'schen Scala, selten nach Réaumur, nur in England vielfach nach Fahrenheit.

Um die verschiedenen Thermometerscalen ineinander übertragen zu können, bedient man sich folgender Formeln, worin R die einer bestimmten Temperatur entsprechenden Grade nach Réaumur, C dieselben nach Celsius, F dieselben nach Fahrenheit bezeichnen:

$$F = 32 + {}^9/_5\, C = 32 + {}^9/_4\, R.$$
$$C = {}^5/_9\, (F - 32) = {}^5/_4\, R.$$
$$R = {}^4/_9\, (F - 32) = {}^4/_5\, C.$$

[1]) Vorausgesetzt, dass der Schmelzpunkt des Zinns = 230° C., der des Bleies = 334°, der des Silbers = 1023° ist, nach der Formel:
Temperatur $t = 2{,}3\, Sn + 3{,}34\, Pb = 3{,}34\, Pb + 10{,}23\, Ag$.

g. Berechnung des Windquantums.

Bereits bei der Betrachtung der Gebläsemaschinen ist auf das von ihnen gelieferte Windquantum, bei den Windleitungen, den Winderhitzungsapparaten und den Düsen auf die Verluste, welche durch Reibung, Temperaturdifferenz u. s. w. entstehen, aufmerksam gemacht. Auf diese Weise findet man theoretisch das Luftquantum, welches in den Ofen gelangen sollte.

Umgekehrt findet man aber das wirklich in den Ofen gelangende Quantum aus dem Querschnitt der Düsenöffnungen und der Geschwindigkeit des ausströmenden Windes. Wenn dieser Wind indessen eine erhöhete Temperatur hat, so reducirt man zum Vergleiche das Windquantum auf die Temperatur von 0^0 oder auf die Temperatur des Saugraumes, und man muss daher auch noch die Erhitzung des Windes kennen. Die Geschwindigkeit ergiebt sich aus der Pressung, welche man durch das Manometer gemessen hat.

Es ist Sache der Mechanik und Maschinenlehre, die Formeln zu begründen, nach welchen man auf die eine oder die andere Weise das Windquantum berechnet. Für die Hüttenkunde genügt es, diese Formeln anwenden zu können.

Im Folgenden werden dieselben daher ohne Beweis ihrer Richtigkeit zusammengestellt und in einem Beispiele wird ihre Anwendung gelehrt werden. Es werden diejenigen, welche den Beweis kennen zu lernen wünschen, namentlich auf das gute Werk von Julius von Hauer [1]), die „Hüttenwesen-Maschinen", hingewiesen, welchem auch die folgenden Tabellen entnommen sind.

Es können in der Praxis zwei Fälle vorkommen:

1. Das Gebläse und der Ofen ist vorhanden, man will die gelieferte Windmenge und den Effect des Gebläses kennen lernen.

2. Das Windquantum, welches man verbrauchen kann, ist gegeben, man will den Düsendurchmesser oder die Pressung bestimmen.

Bestimmung der Windmenge und des Effectes eines vorhandenen Gebläses [2]).

Das Windquantum, welches aus einer Düse ausströmt, ist gleich dem Producte aus dem Querschnitte der Ausströmungsöffnung und der Geschwindigkeit. Den Querschnitt kann man messen, nicht so die Geschwindigkeit des Windstromes. Man muss die letztere daher berechnen. Da die Spannung oder Pressung der Luft in einer bestimmten Beziehung zu derselben steht, so ist nur die Kenntniss der Spannung nöthig. Diese liest man am Manometer ab. Das so erhaltene Resultat würde indessen noch nicht richtig sein, weil die beobachtete Quecksilberhöhe des Mano-

---

[1]) Wien 1867. — [2]) Hauer loc. cit., S. 27.

Tabelle I. Uebe

$H = \mathfrak{h}_1 + (h_1 - h_2)$ Meter. Wasser.	Meter. Quecksilber.	Durchmesser d der 0,020	0,022	0,024	0,026	0,028	0,030	0,032	0,034	0,036	0,038	0,040	0,042	0,0
		Windmenge M												
0,020	0,00147	0,287	0,348	0,414	0,485	0,563	0,647	0,735	0,830	0,93	1,04	1,15	1,27	1,
0,040	0,00294	0,406	0,492	0,585	0,687	0,797	0,915	1,04	1,17	1,32	1,47	1,63	1,79	1,
0,060	0,00441	0,498	0,602	0,716	0,840	0,977	1,12	1,27	1,44	1,61	1,80	1,99	2,19	2,
0,080	0,00588	0,575	0,695	0,828	0,971	1,13	1,29	1,47	1,66	1,86	2,08	2,30	2,54	2,
0,100	0,00735	0,643	0,777	0,926	1,09	1,26	1,45	1,65	1,86	2,08	2,32	2,57	2,83	3,
0,140	0,01029	0,759	0,919	1,09	1,29	1,49	1,71	1,95	2,20	2,46	2,74	3,04	3,35	3,
0,180	0,01324	0,860	1,04	1,24	1,46	1,69	1,94	2,21	2,49	2,79	3,11	3,45	3,80	4,
0,220	0,01618	0,951	1,15	1,37	1,61	1,87	2,14	2,44	2,75	3,09	3,44	3,81	4,20	4,
0,260	0,01912	1,04	1,25	1,49	1,75	2,03	2,33	2,66	2,99	3,36	3,74	4,15	4,57	5,
0,300	0,02206	1,11	1,35	1,60	1,88	2,18	2,50	2,85	3,22	3,60	4,03	4,45	4,91	5,
0,350	0,0257	1,20	1,45	1,73	2,03	2,36	2,70	3,08	3,47	3,90	4,34	4,81	5,30	5,
0,400	0,0294	1,28	1,55	1,85	2,17	2,52	2,89	3,29	3,71	4,17	4,64	5,14	5,67	6,
0,450	0,0331	1,36	1,65	1,96	2,30	2,67	3,06	3,49	3,94	4,42	4,92	5,45	6,02	6,
0,500	0,0368	1,44	1,74	2,07	2,43	2,82	3,23	3,68	4,15	4,65	5,19	5,75	6,34	6,
0,550	0,0404	1,51	1,82	2,17	2,55	2,96	3,39	3,86	4,35	4,88	5,44	6,03	6,65	7,
0,600	0,0441	1,57	1,91	2,27	2,66	3,08	3,54	4,03	4,55	5,10	5,68	6,30	6,94	7,
0,700	0,0515	1,70	2,06	2,45	2,88	3,33	3,82	4,35	4,91	5,50	6,14	6,80	7,50	8,
0,800	0,0588	1,82	2,20	2,62	3,07	3,56	4,08	4,65	5,25	5,88	6,56	7,27	8,02	8,
0,900	0,0662	1,93	2,33	2,78	3,26	3,78	4,33	4,94	5,57	6,24	6,95	7,71	8,50	9,
1,000	0,0735	2,03	2,46	2,93	3,44	3,98	4,57	5,20	5,87	6,58	7,34	8,13	8,96	9,
1,200	0,0882	2,22	2,69	3,21	3,76	4,36	5,01	5,70	6,43	7,20	8,04	8,90	9,81	1
1,400	0,1029	2,40	2,91	3,46	4,06	4,72	5,41	6,15	6,94	7,78	8,67	9,61	10,6	1
1,600	0,1176	2,57	3,11	3,70	4,34	5,05	5,79	6,58	7,42	8,32	9,27	10,3	11,3	1
1,800	0,1324	2,72	3,30	3,93	4,60	5,35	6,14	6,98	7,87	8,82	9,83	10,9	12,0	1
2,000	0,1471	2,87	3,48	4,14	4,85	5,63	6,47	7,35	8,30	9,30	10,4	11,5	12,7	1
2,200	0,1618	3,02	3,65	4,34	5,09	5,91	6,78	7,71	8,70	9,76	10,9	12,1	13,3	1
2,400	0,1764	3,15	3,81	4,53	5,32	6,17	7,09	8,06	9,09	10,2	11,4	12,6	13,9	1
2,600	0,1912	3,28	3,96	4,72	5,53	6,42	7,37	8,39	9,46	10,6	11,8	13,1	14,4	1
2,800	0,2059	3,40	4,11	4,90	5,74	6,67	7,65	8,70	9,81	11,0	12,3	13,6	15,0	1
3,000	0,2206	3,52	4,26	5,07	5,95	6,90	7,92	9,00	10,2	11,4	12,7	14,1	15,5	1
3,400	0,250	3,74	4,53	5,40	6,33	7,35	8,44	9,59	10,8	12,1	13,5	15,0	16,5	1
3,800	0,279	3,96	4,79	5,71	6,70	7,77	8,92	10,2	11,4	12,8	14,3	15,8	17,5	1
4,200	0,309	4,16	5,04	6,00	7,04	8,17	9,38	10,7	12,0	13,5	15,0	16,7	18,4	2
4,600	0,338	4,35	5,27	6,28	7,36	8,54	9,80	11,2	12,6	14,1	15,7	17,5	19,2	2
5,000	0,368	4,54	5,50	6,55	7,67	8,90	10,2	11,6	13,1	14,7	16,4	18,2	20,0	2
5,500	0,404	4,77	5,76	6,86	8,05	9,35	10,7	12,2	13,8	15,4	17,2	19,1	21,0	2
6,000	0,441	4,98	6,02	7,16	8,40	9,77	11,2	12,7	14,4	16,1	18,0	19,9	21,9	2
6,500	0,478	5,18	6,27	7,46	8,75	10,2	11,6	13,3	15,0	16,8	18,7	20,7	22,8	2
7,000	0,515	5,37	6,50	7,75	9,08	10,5	12,1	13,8	15,5	17,4	19,4	21,5	23,7	2
7,500	0,551	5,56	6,73	8,02	9,40	10,9	12,5	14,3	16,1	18,0	20,1	22,3	24,6	2
8,000	0,588	5,75	6,95	8,28	9,71	11,3	12,9	14,7	16,6	18,6	20,8	23,0	25,4	2
8,500	0,625	5,93	7,16	8,54	10,0	11,6	13,3	15,2	17,1	19,2	21,4	23,7	26,2	2
9,000	0,662	6,10	7,37	8,79	10,3	12,0	13,7	15,6	17,6	19,8	22,0	24,4	26,9	2
9,500	0,699	6,27	7,57	9,03	10,6	12,3	14,1	16,1	18,1	20,3	22,6	25,1	27,6	3
10,000	0,735	6,43	7,77	9,26	10,9	12,6	14,5	16,5	18,6	20,8	23,2	25,7	28,3	3

ie Windmenge M.

Düsen in Metern.

in Cubikmetern.

,046	0,048	0,050	0,052	0,054	0,056	0,058	0,060	0,065	0,070	0,075	0,080	0,085	0,090	0,095	0,100
,52	1,66	1,80	1,94	2,10	2,26	2,41	2,58	3,03	3,52	4,04	4,60	5,19	5,82	6,48	7,18
,15	2,34	2,54	2,75	2,96	3,19	3,42	3,66	4,29	4,98	5,72	6,50	7,34	8,23	9,17	10,2
,63	2,87	3,11	3,37	3,63	3,90	4,18	4,48	5,26	6,10	7,00	7,97	8,99	10,1	11,2	12,4
,04	3,32	3,59	3,89	4,19	4,51	4,83	5,17	6,07	7,04	8,08	9,20	10,4	11,6	13,0	14,4
,40	3,71	4,02	4,35	4,68	5,04	5,40	5,78	6,79	7,87	9,05	10,3	11,6	13,0	14,5	16,1
,04	4,38	4,75	5,14	5,54	5,96	6,39	6,84	8,02	9,32	10,7	12,2	13,7	15,4	17,2	19,0
,56	4,97	5,38	5,83	6,28	6,76	7,24	7,75	9,10	10,6	12,1	13,8	15,6	17,5	19,5	21,6
,04	5,49	5,95	6,44	6,95	7,47	8,00	8,57	10,1	11,7	13,4	15,3	17,2	19,3	21,5	23,8
,48	5,96	6,47	7,00	7,55	8,12	8,70	9,31	10,9	12,7	14,6	16,6	18,7	21,0	23,4	25,9
,88	6,41	6,95	7,52	8,11	8,72	9,34	10,0	11,7	13,6	15,7	17,8	20,1	22,6	25,1	27,8
,35	6,93	7,50	8,13	8,76	9,42	10,1	10,8	12,7	14,7	16,9	19,2	21,7	24,3	27,1	30,1
,79	7,40	8,02	8,69	9,37	10,1	10,8	11,6	13,6	15,7	18,1	20,6	23,2	26,0	29,0	32,1
7,20	7,85	8,51	9,21	9,94	10,7	11,5	12,3	14,4	16,7	19,2	21,8	24,6	27,6	30,7	34,1
7,59	8,28	8,97	9,71	10,5	11,3	12,1	12,9	15,2	17,6	20,2	23,0	25,9	29,1	32,4	35,9
7,96	8,69	9,41	10,2	11,0	11,8	12,7	13,6	15,9	18,5	21,2	24,1	27,2	30,5	34,0	37,7
8,32	9,07	9,82	10,6	11,5	12,3	13,2	14,2	16,6	19,3	22,1	25,2	28,4	31,9	35,5	39,4
8,99	9,79	10,6	11,5	12,4	13,3	14,3	15,3	17,9	20,8	23,9	27,2	30,7	34,4	38,4	42,5
9,60	10,5	11,4	12,3	13,3	14,2	15,3	16,3	19,2	22,3	25,6	29,1	32,8	36,8	41,0	45,4
10,2	11,1	12,1	13,0	14,1	15,1	16,2	17,3	20,4	23,6	27,1	30,8	34,8	39,0	43,5	48,2
10,8	11,7	12,7	13,7	14,8	15,9	17,1	18,3	21,5	24,9	28,6	32,5	36,7	41,2	45,9	50,8
11,8	12,8	13,9	15,1	16,2	17,5	18,7	20,0	23,5	27,3	31,3	35,6	40,2	45,1	50,2	55,7
12,7	13,8	15,0	16,3	17,5	18,9	20,2	21,6	25,4	29,5	33,8	38,4	43,4	48,7	54,3	60,1
13,6	14,8	16,1	17,4	18,7	20,2	21,6	23,1	27,2	31,5	36,1	41,1	46,4	52,1	58,0	64,3
14,4	15,7	17,1	18,4	19,9	21,4	22,9	24,5	28,8	33,4	38,3	43,6	49,2	55,2	61,5	68,2
15,2	16,6	18,0	19,4	21,0	22,6	24,1	25,8	30,3	35,2	40,4	46,0	51,9	58,2	64,8	71,9
15,9	17,4	18,8	20,4	22,0	23,7	25,3	27,1	31,8	36,9	42,4	48,2	54,4	61,0	68,0	75,4
16,6	18,2	19,7	21,3	23,0	24,7	26,4	28,3	33,2	38,6	44,3	50,4	56,8	63,8	71,0	78,7
17,3	18,9	20,5	22,2	23,9	25,7	27,5	29,5	34,6	40,2	46,1	52,4	59,2	66,4	73,9	81,9
18,0	19,6	21,2	23,0	24,8	26,7	28,6	30,6	35,9	41,7	47,8	54,4	61,4	68,9	76,7	85,0
18,6	20,3	22,0	23,8	25,6	27,6	29,6	31,6	37,2	43,2	49,5	56,3	63,6	71,3	79,5	88,0
19,8	21,6	23,4	25,3	27,3	29,4	31,5	33,7	39,6	45,9	52,7	60,0	67,7	75,9	84,6	93,7
20,9	22,8	24,8	26,8	28,9	31,1	33,3	35,6	41,8	48,5	55,7	63,4	71,6	80,2	89,4	99,0
22,0	24,0	26,0	28,2	30,4	32,7	35,0	37,4	44,0	51,0	58,6	66,6	75,2	84,4	94,0	104
23,0	25,1	27,2	29,5	31,8	34,2	36,6	39,2	46,0	53,4	61,3	69,7	78,7	88,3	98,4	109
24,0	26,2	28,4	30,7	33,1	35,6	38,2	40,9	48,0	55,7	63,9	72,7	82,0	92,0	103	114
25,2	27,5	29,8	32,2	34,7	37,4	40,1	42,9	50,3	58,4	67,0	76,3	86,1	96,5	108	119
26,3	28,7	31,1	33,7	36,3	39,0	41,8	44,8	52,6	61,0	70,0	79,7	89,9	101	112	124
27,4	29,9	32,4	35,0	37,8	40,6	43,5	46,6	54,7	63,5	72,9	82,9	93,6	105	117	129
28,4	31,0	33,6	36,3	39,2	42,2	45,1	48,4	56,8	65,9	75,6	86,0	97,1	109	121	134
29,4	32,1	34,8	37,6	40,6	43,7	46,7	50,1	58,8	68,2	78,3	89,1	101	113	126	139
30,4	33,2	35,9	38,9	41,9	45,1	48,3	51,7	60,7	70,4	80,8	92,0	104	116	130	144
31,3	34,2	37,0	40,1	43,2	46,5	49,8	53,3	62,5	72,6	83,3	94,8	107	120	134	148
32,2	35,2	38,1	41,2	44,5	47,8	51,2	54,8	64,4	74,7	85,7	97,6	110	123	138	152
33,1	36,1	39,2	42,4	45,7	49,1	52,6	56,3	66,2	76,7	88,1	100	113	127	141	157
34,0	37,1	40,2	43,5	46,8	50,4	54,0	57,8	67,9	78,7	90,5	103	116	130	145	161

meters auf die augenblickliche Spannung und Temperatur der Atmosphäre bezogen ist, welche auf der einen Seite der Quecksilbersäule lastet, während die Temperatur der Gebläseluft eine weit höhere zu sein pflegt, weil ferner der Gegendruck im Inneren des Hochofens ein grösserer als der der Atmosphäre ist, weil endlich bei dem Ausströmen der gepressten Luft aus Rohrstücken, wie sie in den Düsen gegeben sind, die Reibung eine einflussreiche Rolle spielt. Ausserdem ist zu allen praktischen und theoretischen Vergleichen das wirklich aus der Düse ausströmende Windquantum unbrauchbar. Man hat das aus Querschnitt und Manometerstand berechnete Luftvolumen stets zu corrigiren und richtet diese Correctur so ein, dass das Resultat entweder auf eine Temperatur von 0^0 und den Barometerstand von 0,76 Meter oder auf die Temperatur und Spannung des Saugeraumes, aus welchem das Gebläse die Luft aufgesaugt hat, bezogen werden kann.

Die am Manometer (für die folgenden Berechnungen in Metern der Quecksilber- oder Wassersäule) abgelesene Pressung nennt man Pressungshöhe. Sie ist mit h_1 bezeichnet. Es wird vorausgesetzt, dass — wie dies in der Praxis stets der Fall zu sein pflegt — der in die Windleitung eingesenkte Theil des Manometerrohres senkrecht zur Windrichtung steht.

Biegt man das Manometerrohr dagegen parallel der Windrichtung um und richtet seine Oeffnung dem Windstrom entgegen, so wird die Pressung eine grössere und macht sich an dem höheren Stande der Manometerfüllung kund. Diese Zunahme der Pressungshöhe nennt man Geschwindigkeitshöhe. Sie ist mit $\mathfrak{h}_1$ bezeichnet.

Die Summe beider ($h_1 + \mathfrak{h}_1$), also die im letzteren Falle wirklich abzulesende Höhe nennt man effective Druckhöhe. Da der Unterschied zwischen Pressungshöhe und effectiver Druckhöhe sehr gering und an Quecksilbermanometern kaum wahrnehmbar ist, so kann man ihn für die Praxis ganz vernachlässigen.

Es muss ferner die Spannung in dem Raume, in welchen der Wind ausströmt, also im untersten Theile des Hochofens, dem Gestelle, berücksichtigt werden. Sie wird mit h_2 bezeichnet. Gewöhnlich findet man diese Grösse vernachlässigt, und doch ist ersichtlich, dass die berechnete Windmenge in Folge dessen zu gross ausfällt. Da ausserdem auch aus anderen, später zu erläuternden Gründen die Kenntniss dieser Grösse von Nutzen ist, so ermittelt man sie neuerdings häufiger und zwar nach dem Vorschlage von Tunner mit einem Manometer, welches man an eine in den Ofenraum eingeführte eiserne Röhre ansetzt.

Aus $\mathfrak{h}_1 + (h_1 - h_2)$ für die Praxis $= h_1 - h_2$, eine Grösse, die mit H bezeichnet werden soll, und dem Düsendurchmesser ∂ kann man nach der Formel $M = 18740\,\partial^2 \sqrt{H}$ für Quecksilber- oder $M = 5081\,\partial^2 \sqrt{H}$ für Wasser-Manometer, das auf eine mittlere Temperatur von 10^0 und einen mittleren Barometerstand von 0,76 M. Quecksilber bezogene Windquantum M finden.

Tabelle II.

$b + h_2$ Quecksilber	Werthe des Factors f für t_1 in Graden Celsius =												
Meter	0	+ 10	20	30	40	60	80	100	140	180	220	260	300
0,608	0,878	0,863	0,848	0,834	0,820	0,795	0,772	0,752	0,714	0,682	0,654	0,629	0,606
0,638	0,900	0,884	0,869	0,855	0,841	0,815	0,792	·0,770	0,732	0,699	0,670	0,644	0,621
0,667	0,921	0,905	0,889	0,875	0,861	0,834	0,810	0,788	0,749	0,715	0,686	0,659	0,636
0,699	0,942	0,925	0,909	0,894	0,880	0,853	0,828	0,806	0,766	0,731	0,701	0,674	0,650
0,730	0,962	0,945	0,929	0,913	0,899	0,871	0,846	0,823	0,782	0,747	0,716	0,689	0,664
0,760	0,982	0,965	0,948	0,932	0,917	0,890	0,864	0,840	0,799	0,763	0,731	0,703	0,678
0,798	1,006	0,988	0,971	0,955	0,939	0,911	0,885	0,861	0,818	0,781	0,748	0,720	0,694
0,836	1,029	1,011	0,994	0,977	0,961	0,933	0,905	0,881	0,837	0,799	0,766	0,737	0,711
0,874	1,053	1,034	1,016	0,999	0,983	0,954	0,926	0,901	0,856	0,817	0,783	0,753	0,727
0,912	1,076	1,057	1,038	1,021	1,005	0,974	0,946	0,921	0,874	0,835	0,800	0,770	0,742
0,950	1,098	1,079	1,060	1,042	1,026	0,995	0,966	0,940	0,892	0,852	0,817	0,786	0,758
0,988	1,120	1,100	1,081	1,063	1,046	1,014	0,986	0,958	0,910	0,869	0,833	0,801	0,773
1,026	1,141	1,120	1,101	1,082	1,065	1,033	1,004	0,976	0,927	0,885	0,849	0,816	0,787
1,064	1,162	1,140	1,122	1,103	1,085	1,052	1,022	0,994	0,944	0,902	0,865	0,831	0,802
1,102	1,182	1,161	1,142	1,123	1,105	1,071	1,040	1,012	0,961	0,918	0,880	0,846	0,816
1,140	1,202	1,181	1,161	1,142	1,124	1,089	1,057	1,029	0,977	0,933	0,895	0,860	0,830
1,216	1,242	1,219	1,198	1,178	1,160	1,124	1,092	1,062	1,009	0,964	0,924	0,888	0,857
1,292	1,280	1,257	1,235	1,214	1,195	1,159	1,126	1,095	1,041	0,994	0,952	0,916	0,883
1,368	1,317	1,294	1,271	1,250	1,230	1,193	1,158	1,127	1,071	1,023	0,980	0,943	0,909
1,444	1,354	1,329	1,306	1,285	1,264	1,226	1,190	1,158	1,100	1,051	1,007	0,969	0,934

Tabelle III.

Werthe des Factors λ für

$b + h_2 =$		$h_1 - h_2 =$										
Meter		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Meter Wasser
Wasser.	Queck-silber.	0,0735	0,1471	0,2206	0,2491	0,3676	0,4412	0,5147	0,5882	0,6617	0,7352	Meter Quecksilber
20	1,47	0,999	0,997	0,996	0,994	0,993	0,991	0,990	0,988	0,987	0,985	
16	1,18	0,998	0,996	0,994	0,993	0,991	0,989	0,987	0,985	0,983	0,981	
12	0,88	0,998	0,995	0,992	0,990	0,988	0,985	0,983	0,980	0,978	0,975	
8	0,59	0,996	0,993	0,989	0,985	0,981	0,976	0,974	0,970	0,966	0,963	

Tabelle IV.

b Quecksilber Meter	$\frac{\beta}{b}$	Werthe des Factors f_1 für t_s in Graden Celsius =									
		— 5	0	+ 5	10	15	20	25	30	35	40
0,809	0,94	0,923	0,940	0,957	0,974	0,992	1,009	1,026	1,043	1,061	1,078
0,792	0,96	0,942	0,960	0,978	0,995	1,013	1,030	1,048	1,065	1,083	1,101
0,776	0,98	0,962	0,980	0,998	1,016	1,034	1,052	1,070	1,088	1,106	1,124
0,760	1,00	0,982	1,000	1,018	1,037	1,055	1,073	1,092	1,110	1,128	1,147
0,745	1,02	1,001	1,020	1,039	1,057	1,076	1,095	1,113	1,132	1,151	1,170
0,731	1,04	1,021	1,040	1,059	1,078	1,097	1,116	1,135	1,154	1,173	1,192
0,717	1,06	1,041	1,060	1,079	1,099	1,118	1,138	1,157	1,176	1,196	1,215
0,704	1,08	1,060	1,080	1,100	1,120	1,139	1,159	1,179	1,199	1,219	1,238
0,691	1,10	1,080	1,100	1,120	1,140	1,161	1,181	1,201	1,221	1,241	1,261
0,679	1,12	1,100	1,120	1,141	1,161	1,182	1,202	1,223	1,243	1,264	1,284
0,667	1,14	1,119	1,140	1,161	1,182	1,203	1,224	1,244	1,265	1,286	1,307
0,655	1,16	1,139	1,160	1,181	1,203	1,224	1,245	1,266	1,287	1,309	1,330
0,644	1,18	1,158	1,180	1,202	1,223	1,245	1,266	1,288	1,310	1,331	1,353
0,633	1,20	1,178	1,200	1,222	1,244	1,266	1,288	1,310	1,332	1,354	1,376

Um die jedesmalige Ausrechnung dieser Formel zu umgehen, hat Hauer die vorstehend Seite 168 und 169 abgedruckte Tabelle Nro. I. zusammengestellt.

a) Die auf 0° Temperatur und 0,76 Meter Quecksilber-Barometerstand reducirte Windmenge M_0, welche von einer Düse pro Minute ausgeblasen wird, lässt sich berechnen nach der Formel:

$$M_0 = f\lambda M,$$

worin M das ideale aus den Tabellen ohne weitere Berechnung zu findende Windquantum, f und λ zwei dieses Quantum reducirende Factoren sind.

M, die ideale Windmenge in Cubikmetern, ergiebt sich aus der Tabelle I. Will man M_0 in preuss. Cubikfussen erhalten, so ist M der Tabelle mit 32,35 zu multipliciren.

Die Factoren f und λ beziehen die ideale Windmenge M auf die gesuchte.

f bezweckt die Correctur, welche in Folge des wechselnden Barometerstandes b und der Temperatur des Windes nahe der Ausströmungsöffnung t_1 nöthig wird. Den Werth von f findet man aus Tabelle II., wenn man b am Barometer, t_1 am Thermometer oder Pyrometer, welches in die Windleitung eingelassen war, abgelesen hat.

λ bezweckt die Correctur, welche in Folge davon, dass die Luft bei höheren Pressungen nicht nur die Spannung (Mariotte'sches Gesetz), sondern auch die Temperatur ändert (Poisson'sches Gesetz), nöthig wird. λ ist vom Barometerstand b, der Pressungshöhe am Manometer h_1 und der Spannung im Hochofen h_2 abhängig und aus diesen bereits benutzten Grössen nach Tabelle III. leicht zu finden.

Für geringere Pressungen kann man ohne grossen Fehler $\lambda = 1$ setzen.

Die zwischen den Zeilen der Tabellen liegenden Grössen findet man durch einfache Interpolation.

Es sei z. B. die mit dem Manometer gemessene Pressungshöhe $h_1 = 0{,}1424$ Meter (circa $5\frac{1}{2}$ Zoll oder $2\frac{3}{4}$ Pfund), die Geschwindigkeitshöhe $\mathfrak{h}_1$ (wie in den meisten Fällen) verschwindend klein, h_2 die Pressungshöhe im Inneren des Hochofens $= 0{,}01$ Meter Quecksilber, so ist

$$H = 0{,}1424 - 0{,}01 = 0{,}1324.$$

Ist der Düsendurchmesser $\partial = 0{,}065$ Meter, so ist nach Tab. I. $M = 28{,}8$ Cubikmeter; ist ferner der Barometerstand $b = 0{,}735$ Meter, und daher $b + h_2 = 0{,}735 + 0{,}01 = 0{,}745$, ferner $t_1 = 300^0$ C., so ist f durch Interpolation nach Tabelle II. $= \frac{0{,}664 + 0{,}678}{2} = 0{,}671.$
Da ferner $H = h_1 - h_2$, wie bereits gefunden, $= 0{,}1324$ ist, $b + h_2 = 0{,}745$, so ist nach Tabelle III. λ, da der Werth zwischen der ersten und zweiten Vertical- und dritten und vierten Horizontalcolumne liegt, durch Interpolation $= \frac{0{,}998 + 0{,}996}{2} + \frac{0{,}995 + 0{,}993}{2} = 0{,}9955,$ mithin

$M_0 = f\lambda M = 0{,}671 . 0{,}9955 . 28{,}8 = 19{,}2$ Cubikmeter = 621 pr. Cubikfuss.

Hat man drei unter denselben Verhältnissen arbeitende Düsen, so ist die Gesammtmenge des Windes

$3 . 19{,}2 = 57{,}6$ Cubikmeter = 1863 preuss. Cubikfuss.

b) Es wird sich in vielen Fällen empfehlen, das Windquantum nicht auf 0° Temperatur und 0,76 Meter Barometerstand, sondern auf Temperatur und Spannung des Saugraumes zu beziehen. Man kann dann die gelieferte Menge mit der eingesaugten Menge vergleichen und so den Effect des Gebläses finden.

Man findet diese Windmenge M_s durch Multiplication des obigen Resultates mit einem Factor f_1, welcher sich aus der Tabelle IV. ergiebt.

b ist hier wieder der Barometerstand, t_s die Temperatur im Gebläsehause oder an der Mündung des Saugrohres in freier Luft, $\frac{\beta}{b}$ das Verhältniss des mittleren zum wirklichen Barometerstande.

Wenn z. B. $t_s = 20°$ C. ist, so wäre, den im vorigen Beispiel angenommenen Barometerstand von 0,735 vorausgesetzt, durch Interpolation gefunden:

$$\frac{\beta}{b} = \frac{0{,}76}{0{,}735} = 1{,}034,$$

daher $f_1 = 1{,}105$, folglich

$M_s = f_1 M_0 = 1{,}105 . 19{,}2 = 21{,}2$ Cubikmeter oder 686 pr. Cubikfuss, daher das Luftvolumen für alle drei Düsen

$= 3 . 21{,}2 = 63{,}6$ Cubikmeter = 2058 preuss. Cubikfuss.

Das Verhältniss des ausgeblasenen, auf Temperatur und Spannung des Saugraumes bezogenen Windquantums (M_s) zu der durch Rechnung (vergl. Seite 65) bestimmten angesaugten Luftmenge (Q), nennt man den Gesammt-Windeffect $\left(\varphi' = \frac{M_s}{Q}\right)$ und kann ihn im Durchschnitt zu 0,65, in günstigen Fällen zu 0,75 und darüber annehmen. Er sinkt bei langen Leitungen und complicirten Winderhitzungs-Apparaten nicht selten unter 0,5.

Bestimmung des Düsendurchmessers oder der Pressung bei gegebener Windmenge.

Es kommt in der Praxis oft der Fall vor, dass man das Windquantum kennt, welches man anwenden darf oder muss, und dass man den für eine bestimmte Pressung und Temperatur nöthigen Düsendurchmesser finden will. Es ist nach dem Vorhergehenden:

$$M = \frac{M_0}{f\lambda}.$$

Setzt man als M_0 die Windmenge ein, welche von einer Düse pr. Minute ausgeblasen werden soll, und für f und λ die aus Barometerstand

und Temperatur sich ergebenden Werthe der Tabellen, so erhält man M. Hieraus und mit Zuhülfenahme der gegebenen Pressung erhält man in Tabelle I. den Düsendurchmesser d. Man sucht nämlich in der der gegebenen Pressung entsprechenden Horizontalcolumne das berechnete Quantum M und findet dann im Kopf derselben Verticalcolumne den gesuchten Düsendurchmesser. Ist das von mehreren Düsen gelieferte Windquantum gegeben, so ist natürlich die Gesammtwindmenge M_0 zuerst durch die Zahl der Düsen zu dividiren.

Will man umgekehrt unter sonst gleichen Umständen für einen gegebenen Düsendurchmesser die Pressung finden, so hat man nur zuerst in der dem Düsendurchmesser entsprechenden Verticalcolumne M aufzusuchen und findet dann, in der Horizontalcolumne links gehend, die Pressung. Sucht man die wirkliche am Manometer abzulesende Pressung, so muss man (unter Vernachlässigung von $\mathfrak{h}_1$) die voraussichtlich im Hochofen herrschende mittlere Druckhöhe h_2 von dem gefundenen Werthe H abziehen. Die Tabelle I. zeigt das Verhältniss, in welchem Pressung, Düsendurchmesser und Windquantum stehen und giebt an die Hand, wie man, wenn einer der drei Factoren gegeben ist, die zwei anderen variiren kann, d. h. z. B. in welcher Weise man bei gegebenem Windquantum den Düsendurchmesser verkleinern muss, um die Pressung auf einen gewissen Grad zu erhöhen und umgekehrt. Sie lehrt ferner, dass es für die in den Ofen gelangenden Windmengen gleichgültig ist, ob man mit weiteren Düsen und schwacher Pressung, oder mit engen Düsen und starker Pressung bläst.

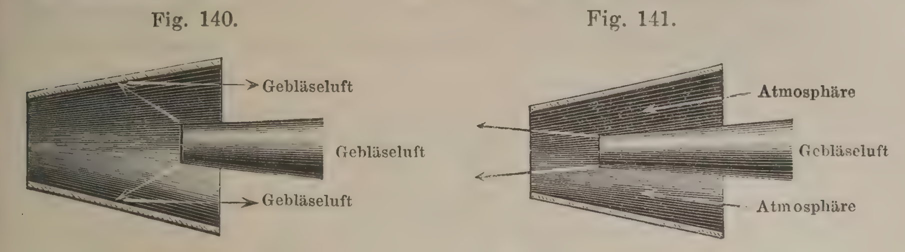
h. Formen (*twyers*).

Einfache und gekühlte Formen. Der Wind gelangt aus den Düsen nicht direct in den Ofen. Jede Beschädigung der Düse würde eine Veränderung in dem Pressungsverhältnisse des Windes bedingen, sie würde ausserdem schwierig auszuführende Reparaturen veranlassen. Man lässt daher den aus der Düse strömenden Wind durch eine Metallhülse, welche gleichfalls eine konische Gestalt besitzt und welche in den Kernschacht eingesetzt ist, in den Ofen blasen. Diese Metallhülse nennt man Form (seltener Kanne, Esseisen, engl. *twyer*, in älteren Werken *tue-iron*, *tuiron*, *tuarn*, zuweilen nach dem Französischen *tuyere*). So lange man mit kaltem Winde blies, genügte es, diese Metallhülsen aus einfachem Blech oder aus Gusseisen anzufertigen. Eisen- oder noch häufiger Kupferblech zog man dem Gusseisen vor, weil sich bei Anwendung dieser Materialien die Oeffnung durch Hämmern leicht vergrössern oder verkleinern liess, und weil das Kupfer, wenn auch die Form unbrauchbar geworden war, immer noch seinen Metallwerth behielt. Man hielt die Düse verhältnissmässig stark zurückgezogen und machte die Formöffnung (das Formauge, *eye of the twyer*) nur wenig weiter als die Düsenöffnung (das Düsenauge, *eye of the blast- pipe*). Der Wind, welcher bei einer solchen Stellung aus der Düse in einen Raum mit geringerem Drucke tritt, dehnt sich

aus, schlägt gegen die Wandungen der Form und kühlt diese ab, so dass sie nicht verbrennen kann. Ein Theil des Windes wird in Folge dessen freilich auch rückwärts aus dem Ofen geworfen, wie dies Fig. 140 veranschaulicht.

Macht man das Formauge so gross oder legt das Düsenauge so nahe an dasselbe, dass die divergirenden Strahlen des austretenden Windes die Kante der Formmündung nicht mehr berühren, wie dies Fig. 141 versinnlicht, so wird nicht nur kein Verlust an Wind eintreten, sondern

Fig. 140. Fig. 141.



es wird sogar noch (ähnlich wie beim Wassertrommelgebläse) durch den ringförmigen Raum atmosphärische Luft angesaugt werden. Das so gewonnene Quantum Wind ist sicher sehr gering und kommt im Vergleich zu der eingeblasenen Menge nicht in Betracht, andererseits findet bei dieser Einrichtung keine Abkühlung der Form durch den Wind mehr statt. Wendet man nun gar erhitzte Luft an, so bedarf man unter allen Umständen einer künstlichen Kühlung der Form, und bewirkt diese durch kaltes Wasser, welches in der doppelten Wandung der Form circulirt [1]).

Die durch Wasser gekühlten Formen nennt man kurzweg Wasserformen (*water-twyers*). Sie sollen von Condie in Schottland erfunden sein, welcher zu Calder in Schottland von dem Besitzer Dixon zur Anstellung von Versuchen mit heissem Winde engagirt wurde. Da der Hochofenmeister Alexander Christie indessen ein Gegner dieser Einrichtung war und die Sache in Folge dessen keinen guten Fortgang hatte, so schickte man Condie nach Nelsontown, und dort erfand er die Wasserform, hat aber nie einen Lohn dafür empfangen [2]).

---

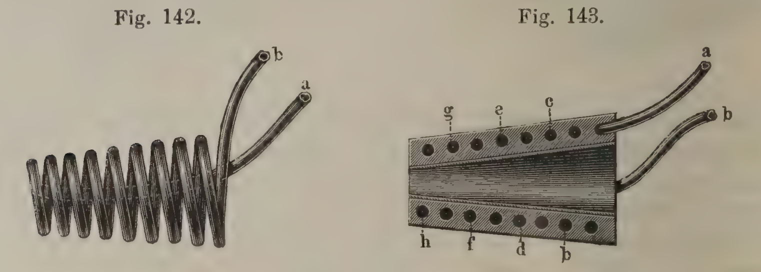
[1]) Man hat für andere Schachtöfen hin und wieder eine Luftkühlung in der Weise angewendet, dass der kalte Wind in den doppelten Wandungen circulirt, ehe er in das Innere der Form und aus diesem in den Ofen tritt und auf diese Weise zugleich den Wind, wenn auch in sehr geringem Maasse, erwärmt. — Für die hohen Temperaturen der Eisenhochöfen ist dies Princip nicht empfehlenswerth.

[2]) Percy bemerkt, indem er dies Factum berichtet: „Condie ward, milde ausgedrückt, nicht edel behandelt. Aber wie häufig kommen ähnliche Fälle vor! Capitalisten haben oft die Köpfe armer Erfinder benutzt, ohne ihnen eine entsprechende Belohnung zu gewähren, wenn sie ihnen eine solche überhaupt geben. Ich habe von einem solchen Herrn, der selbst als Geldmann Theilnehmer an bedeutenden Hüttenwerken war, die unumwundene Erklärung geben hören, dass es

Die Form, welche Condie anwendete, besteht aus einem spiralförmig gewundenen gusseisernen Rohre (*Coil*), welches in eine kurze konische Röhre von Gusseisen eingeschlossen ist. Sie wird so hergestellt, dass man das schmiedeiserne Rohr als Kern einer gewöhnlichen Sandform betrachtet, es also mit Gusseisen umgiesst. Beide Enden des Rohres ragen aus der breiteren Basis des abgestumpften gusseisernen Kegels hervor. In Fig. 142 ist das Rohr dargestellt, wie es bei der Condie'schen oder sogenannten Schottischen Wasserform angewendet wird. Das kalte Wasser tritt durch *a* ein, geht durch den verdeckten geraden Strang bis zum Ende der Form und windet sich dann durch die Spirale zurück, um bei *b* auszutreten.

Eine andere Methode ist in Fig. 143 veranschaulicht, welche eine fertige Form, bei der das Rohr mit Gusseisen umgeben ist, im Durch-

Fig. 142. Fig. 143.



schnitt darstellt. Das Wasser tritt hier bei *a* ein und windet sich durch die Spirale *bcdefgh* bis ans Ende, geht dann durch die zwischenliegende Spirale zurück und tritt bei *b* aus.

Man fand bald, dass die Kühlung der ganzen Form unnöthig sei und begnügte sich mit zwei bis drei Umgängen der Spirale in nächster Nähe des Formauges, während das Eintritts- wie Austrittsrohr im Uebrigen einen geraden Verlauf nahm. In dieser Weise sind jetzt die meisten Formen in Süd-Wales und auch vielfach in Deutschland eingerichtet.

Eine zweite Art von Formen ist die in Fig. 17 S. 22 dargestellte, welche aus Schmiedeisen gefertigt, einen zusammenhängenden Hohlraum besitzt. Das kalte Wasser tritt durch das eingeschraubte Rohr unten ein, und das erwärmte durch ein eben solches Rohr oben aus. Der

---

mehr gute Köpfe (brains) als Capital in der Welt gäbe und erstere daher billiger sein müssten. Dies ist doch zu schlecht. Reiche Leute haben bekanntlich zuweilen dem ehrlichen Finder und Wiederbringer eines werthvollen Schatzes, welchen sie verloren hatten, einen Schilling oder eine halbe Krone für seine Mühe gegeben. Der Leser wird nicht ermangeln, einen Vergleich zu ziehen." Jedenfalls kann dieses Beispiel den Verehrern englischer Patentgesetzgebung den Beweis liefern, dass dieselbe gewiss nicht geeignet ist, dem armen Erfinder zum Lohn für seine Erfindung, sondern nur dem Reichen zur Ausbeutung der Erfindung eines Anderen zu verhelfen.

grösste Nachtheil dieser Formen ist ihre schwierige Herstellung [1]). Man fertigt sie daher auch aus Gusseisen an, aber eine gegossene Form ohne innenliegendes schmiedeisernes Rohr kann durch das bei Temperaturveränderung, Kesselsteinabsätzen oder Wassermangel sehr leicht eintretende Zerspringen gefährliche Folgen haben, während schmiedeiserne Formen nur allmälig leck werden und rechtzeitig ausgewechselt werden können. Ein allmäliger Wasserabfluss wirkt nur durch Abkühlung im Ofen und die daraus entspringende Verschlechterung des Ofenganges nachtheilig, während ein plötzlicher Wassererguss verderbliche Explosionen veranlasst, und die in Folge davon aus dem Ofen geschleuderten heissen Massen, sowie der zurückströmende Wasserdampf schon oft Arbeiter um Gesundheit oder Leben gebracht haben.

Die Schwierigkeit der Herstellung schmiedeiserner und die Unzuverlässigkeit gusseiserner Formen der letzterwähnten Art hat zur Benutzung der Bronze geführt. Solche bronzene Formen sind zuerst von Schulten in Duisburg construirt und waren bereits 1862 in London ausgestellt worden. Neal Solly gab später (1865) Bronzeformen (100 Thle. Kupfer, 10 Thle. Zinn) als seine Erfindung aus [2]). Pertat und Sauvage zu Joinville haben ebenso construirte Formen aus platinirtem Kupferblech vorgeschlagen, welche nur ein Gewicht von 20 bis 35 Kil. haben sollten [3]) und zur besseren Reinigung mit abnehmbarer Verschlussplatte versehen waren. Wie sich voraussehen liess, ist dieser Vorschlag in der Praxis nicht zur Ausführung gekommen. Die bronzenen Formen dagegen haben mit Recht vielfache Verwendung gefunden. Sie werden gegossen, sind also leichter anzufertigen als geschmiedete, theilen hinsichtlich allmäligen Reissens die Eigenschaft des Schmiedeisens und geben, wenn sie ausgewechselt werden müssen, ein immer noch werthvolles und verwerthbares Material. Sie haben indessen den Nachtheil der Kostspieligkeit und deshalb ist man neuerdings auf die Idee verfallen, nur die Kopfplatte, d. h. den das Formauge umgebenden Ring, von Bronze zu machen und dieselbe an den übrigen Theil der Form, wenn er von Gusseisen ist, anzugiessen, wenn er von Schmiedeisen ist, anzulöthen [4]).

Geschlossene Formen. Sobald die Form mit Wasser gekühlt ist, kann man ohne Bedenken die Düse eng an dieselbe anschliessen, um so ein Zurückprallen des Windes in jedem Falle zu verhindern. Zuweilen bedient man sich zu diesem Zwecke eines besonderen Kranzes, den man in den Zwischenraum hineinstopft, meist aber versieht man die Düse

---

[1]) Eine möglichst einfache Anweisung zur Anfertigung schmiedeiserner Formen findet man in der österr. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen. Nro. 17, 1867, S. 133. — [2]) Mech. Magaz. 1865, S. 297. — [3]) Dingler, Polyt. Journ. 174, S. 180 — [4]) Nach Mosaner (Oesterr. Zeitschr. loc. cit.) wiegen die bronzenen Formen 130 bis 170 Pfd. und kosten pr. Pfund 18 Sgr., während die nach Kindinger's Angaben gefertigten schmiedeisernen 90 bis 92 Pfund wiegen und pr. Pfund 8 Sgr. kosten. Kupferne Hohlformen kosteten an demselben Orte (Hieflau) 4 und $4\frac{1}{3}$ bis $4\frac{2}{3}$ Thlr.

mit einer angegossenen ringförmigen Wulst, nur hin und wieder macht man den Verschlussring beweglich, wie dies in den Figuren 144 und 145 dargestellt ist.

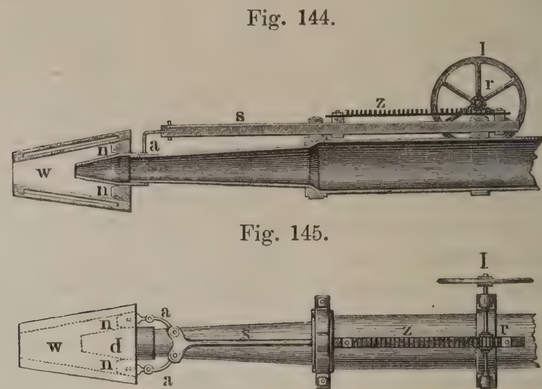


Fig. 144.

Fig. 145.

Der Kranz nn steht durch die beiden Arme aa mit der Stange s in Verbindung, durch Drehung von l wird die Zahnstange z und mit ihr der Verschlusskranz zurückgezogen oder vorgeschoben.

Bei allen derartigen Anordnungen ist der Düsenrüssel (das Ende der Düse) trotz der Wasserkühlung der Form dem Verbrennen ausgesetzt. Man hat daher auf einigen Werken (zum Beispiel auf den Eisenwerken im Siegenerlande, zu Veckerhagen bei Cassel) neuerdings folgende Einrichtung gewählt. In den Rüssel der mit Wasser gekühlten Form werden winddicht kurze konische Röhrenstücke aus Gusseisen eingesetzt, welche mit einem eingedrehten Ringe versehen sind, um sie vermittelst eines Hakens leicht herausziehen und auswechseln zu können. Der nach Aussen gekehrte Rand dieser Röhrenstücke, welche man Formeinsätze nennt, ist abgeschrägt und schliesst sich eng an das umgekehrt abgeschrägte Ende der Düse, so dass das eingelegte Gusseisenrohr gewissermaassen zu gleicher Zeit den Düsenrüssel und das Formauge bildet. Diese Einrichtung bietet folgende Vortheile: Durch verschiedene, vorräthig zu haltende Formeinsätze kann der Querschnitt der Windausströmungsöffnung ohne Aenderung der eigentlichen Düse schnell und leicht gewechselt werden; ein Verbrennen eines solchen Einsatzes kommt zwar oft vor, ist aber leicht durch eine Auswechselung wieder gut zu machen, ohne dass Form und Düse gelitten haben; die Düsenröhre wird durch den Einsatz fortgesetzt und daher die Geschwindigkeit des Windes nicht zwischen dem Austritt aus dem Düsenauge und dem Austritt aus dem Formauge wie in allen anderen Anordnungen plötzlich geändert.

Reinigung der Form. Durch die Beweglichkeit des Verschlussringes wird die Reinigung der Form von Ansätzen vermittelst eines sogenannten Formhakens oder Formstörers, eines circa 1 Zoll starken,

8 bis 9 Fuss langen, vorn mit einem $1^1/_2$zölligen Haken oder einem Knopfe versehenen Instrumentes, ohne Unterbrechung des Windstromes, ermöglicht. Ist der Verschlussring an die Düse angegossen, oder wendet man Formeinsätze an, so muss man die ganze Düse zurückziehen, um eine Reinigung vornehmen zu können (vergl. die Figuren 127 bis 129 zu Seite 155 und 156), oder man muss mit dem Instrumente durch eine für gewöhnlich verschlossene Oeffnung in das Innere der Düse gelangen können. Diese zu dem Zwecke am besten in der Verlängerung der Düse am Knie angebrachte Oeffnung ist durch einen Schieber verschliessbar, welcher mit einer Glas- oder besser einer Glimmerplatte versehen ist, um zugleich zur Beobachtung des Formauges zu dienen.

Kühlwasser. Das Wasser, welches zur Kühlung der Formen dient, darf niemals zum Sieden kommen. Hiernach richtet sich die Geschwindigkeit seines Durchflusses, die man in der Praxis durch eine mehr oder weniger hohe Lage des Wasservertheilungsrohres über den Formen leicht reguliren kann. Das Wasservertheilungsrohr legt man ringförmig um den Ofen und benutzt es zugleich zur Speisung anderer Ofenkühlungen. Das zur Abkühlung erforderliche Quantum Wasser ist nicht gross, da man das ausfliessende Wasser, sobald es abgekühlt ist, immer wieder von Neuem benutzen kann. Die grösste Schwierigkeit machen saure oder reichlich Kesselstein absetzende Wasser, weshalb man zweckmässig in solchen Fällen Dampfmaschinen-Condensationswasser benutzt. Man rechnet für jede Wasserform eines Kokshochofens 50 Cubikfuss, für jede Wasserform eines Holzkohlenhochofens 20 Cubikfuss in der Stunde.

In vereinzelten Fällen bleibt bei Holzkohlenhochöfen, welche auf Giessereiroheisen arbeiten, die Auskleidung der Form ganz fort und der Wind strömt durch eine Oeffnung des Gestells direct in den Ofen. Man nennt dies das Blasen durch den Stein.

Die hinsichtlich der Grösse und Lage der Formen zur Anwendung kommenden Grundsätze werden erst verständlich, nachdem die Wirkungsweise des Windes erläutert ist. Man findet sie auf Seite 194, 195 u. f. angegeben.

i. Kosten des Windes.

Die Kosten, welche der Wind bis zu seinem Eintritt in den Ofen erfordert, werden bedingt durch die Arbeit, welche zu der Zusammenpressung und Erhitzung der atmosphärischen Luft, eines an sich kostenlosen Materials, nothwendig ist.

Wenn auch diese Kosten für jedes Werk verschieden sein müssen, da niemals alle Umstände gleich sind, so wird doch ein Beispiel für die Berechnung dieser Kosten genügen, um den Eisenhüttenmann in den Stand zu setzen, den Kostenanschlag für alle Verhältnisse zu machen.

Es ist zu diesem Zwecke das fiscalische Werk Gleiwitz in Oberschlesien gewählt, wo zwei Hochöfen mit Koks betrieben werden, welche

ihren Wind von einer 150- und einer 86-pferdekräftigen Dampf-Gebläsemaschine gemeinschaftlich erhalten. Zur Erhitzung des Windes dienen für beide Hochöfen gemeinschaftlich drei Apparate, von denen je zwei im Betriebe sind. Der Wind wird auf 160° erhitzt. Der dortige Betriebsbeamte der Hochöfen, Hüttenmeister Wiebmer, hat die Güte gehabt, diese Zusammenstellung anzufertigen:

A. Kosten des kalten Windes.

a. Bei Feuerung der Dampfkessel mit Steinkohlen.

	Gegenstand.	Werth. Thlr.	Jährliche Abnutzung. Proc.	Zinsen. Proc.	Jährlicher Betrag. Thlr.	
	α. Anlage.					
1.	Die Dampfkessel sammt Kesselhaus	37000	2	5	2590	
2.	Die 150- und 86-pferdekräftige Dampfgebläsemaschine	64000	1	5	3840	
3.	Die beiden Maschinengebäude	20000	1	5	1200	
4.	Die Windleitungen bis zu den Regulatoren incl. Regulatoren	8000	1	5	480	
5.	Die gemeinschaftl. Windleitung (29 Zoll weit, 124 Fuss lang) von den Regulatoren aus . . .	3000	1	5	180	
						8290
	β. Betrieb (360 Tage jährlich).					
1.	Feuerung der Kessel. 440 Ctr. Kohle pr. Tag und zwei Hochöfen, à Ctr. $2^2/_{12}$ Sgr.	—	—	—	11440	
2.	Unterhaltung der Maschine: Schmiermaterialien, Löhne etc. pr. Jahr	—	—	—	2500	
3.	Unterhaltung der Windleitung: Dichtungsmaterialien etc.	—	—	—	100	
						14040
	Summa pr. Jahr .	—	—	—		22330 Thlr.
	Daher pr. Tag . .	—	—	—		22330 Pf.

Die tägliche auf Druck und Temperatur des Saugraumes reducirte Windmenge beträgt 20,368,000 Cubikfuss, folglich kosten **1000 Cubikfuss = 1,096 Pfennig.**

b. Bei Feuerung der Dampfkessel durch Hochofengase.

	Gegenstand.	Werth.	Jährliche Abnutzung.	Zinsen.	Jährlicher Betrag.	
		Thlr.	Proc.	Proc.	Thlr.	
	α. Anlage.					
1—5.	Kosten der Apparate und Gebäude wie sub a. .	—	—	—	8290	
6.	Gasentziehungsapparate am Hochofen und Leitungsvorrichtungen bis zu den Kesseln . . .	10000	10	5	1500	
						9790
	β. Betrieb.					
1.	Feuerung der Kessel mit Gichtgasen, für die Inbrandhaltung derselben 24 Ctr. Kohlen pr. Tag, à Ctr. $2\frac{2}{12}$ Sgr.	—	—	—	624	
2—3.	Unterhaltung der Maschine, Windleitung etc. wie sub a. . . .	—	—	—	2600	
						3224
	Summa pr. Jahr .	—	—	—		13014
	γ. Gewinn.					
	Durch die Gasleitung wird Zinkstaub und Ofenbruch gewonnen, welcher ohne Gasleitung verloren geht, im Werthe von	—	—	—		1000
	Bleibt Summa pr. Jahr .	—	—	—		12014 Thlr.
	oder pr. Tag .	—	—	—		12014 Pf.

Es kosten daher bei dem täglichen Verbrauch von 20,368,000 Cubikfuss **1000 Cubikfuss = 0,589 Pfennig.**

B. Kosten des heissen Windes.

a. Bei Feuerung der Erhitzungsapparate mit Steinkohlen.

	Gegenstand.	Werth. Thlr.	Jährliche Abnutzung. Proc.	Zinsen. Proc.	Jährlicher Betrag. Thlr.	
	α. Anlage.					
1—5.	Wie sub A, a, *α*	—	—	—	8290	
7.	Drei Winderhitzungapparate	15000	10	5	2250	
						10540
	β. Betrieb (360 Tage jährlich).					
1—3.	Wie sub A, a, *β*	—	—	—	14040	
4.	Unterhaltung, namentlich Auswechseln schadhafter Röhren	—	—	—	600	
5.	Feuerung der Winderhitzungs-Apparate, 240 Ctr. Kleinkohlen pr. Tag, à $2^2/_{12}$ Sgr. . . .	—	—	—	6240	
6.	Schürerlöhne	—	—	—	576	
						21456
	Summa pr. Jahr .	—	—	—		31996 Thlr.
	Summa pr. Tag .	—	—	—		31996 Pf.

Es kosten daher bei dem täglichen Verbrauch von 20,368,000 Cubikfuss 1000 Cubikfuss 160⁰ warmen Windes = 1,571 Pfennig.

b. Bei Feuerung mit Hochofengasen.

	Gegenstand.	Werth. Thlr.	Jährliche Abnutzung. Proc.	Zinsen. Proc.	Jährlicher Betrag. Thlr.	
	α. Anlage.					
1—6.	Wie sub A, b, *α*	—	—	—	9790	
7.	Wie sub B, a, *α*	—	—	—	2250	
8.	Gasleitung zu den Erhitzungsapparaten . . .	1000	10	5	150	
						12190
	β. Betrieb.					
1—3.	Wie sub A, b, *β*	—	—	—	13014	
4.	Unterhaltung (die Röhren leiden weniger als bei Steinkohlenfeuerung) .	—	—	—	400	
						13414
	Summa pr. Jahr .	—	—	—		25604
	γ. Gewinn.					
	An zinkhaltigen Nebenproducten wie sub A, b. *γ*	—	—	—		1000
	Bleibt Summa pr. Jahr .	—	—	—		24604 Thlr.
	oder pr. Tag	—	—	—		24604 Pf.

Es kosten daher bei dem täglichen Verbrauch von 20,368,000 Cubikfuss 1000 Cubikfuss 160⁰ warmen Windes = 1,208 Pfennig.

k. Wirkungsweise des Windes im Hochofen.

Nachdem die Apparate zur Erzeugung und Fortführung des Windes bis in den Ofen betrachtet worden sind, kommen wir zur Untersuchung über die Wirksamkeit des Windes beim Hochofenprocess. Es wird dabei die Wirksamkeit des Windes im Allgemeinen, im kalten und im erhitzten Zustande ins Auge zu fassen sein und das folgende Capitel ist daher als eine Fortsetzung der Untersuchungen, welche auf Seite 77 u. f. begonnen worden sind, zu betrachten.

1. Wirkungsweise des Windes im Allgemeinen.

Der Wind, welcher in den Hochofen eingeblasen wird, hat den Zweck, das in dem Theile des Ofens, in welchen er einströmt, befindliche Brennmaterial zu verbrennen. Gewöhnlich giebt man im Hochofen als Brennmaterial Koks oder Holzkohlen, seltener rohe Steinkohlen oder Holz auf. Es ist indessen gleichgültig, ob man rohe oder verkohlte Brennstoffe angewendet hat, denn in der Gegend der Form sind auch erstere in den verkohlten Zustand übergegangen und enthalten daher im Wesentlichen ausser den Aschenbestandtheilen, welche uns für jetzt nicht weiter interessiren, nur Kohlenstoff. Wenn Luft mit einem etwa 300^0 heissen Kohlenstoff (die Temperatur des vor die Formen gelangenden Brennmaterials im Hochofen übersteigt stets diese Temperatur) in Berührung kommt, so verbrennt der Kohlenstoff unter Aufnahme von 2 Aequivalenten Sauerstoff und Abgabe der erzeugten Hitze an die erzeugte Kohlensäure und denjenigen Stickstoff, welcher in der atmosphärischen Luft mit der im Hochofen verzehrten Sauerstoffmenge gemischt war. Wenn die erzeugte Kohlensäure indessen in Berührung mit glühenden Kohlen kommt, was im Hochofen ebenfalls stets der Fall ist, so wird sie, sobald kein freier Sauerstoff mehr vorhanden ist, durch Aufnahme von Kohlenstoff in Kohlenoxydgas umgewandelt. Das Kohlenoxyd ist ein nicht mehr reducirbares Gas und muss daher in Gemeinschaft mit der Gesammtmenge des Stickstoffs unverändert aufwärts steigen, bis es Stoffe findet, die eine abermalige Oxydation desselben gestatten. Man wird daher unmittelbar vor der Form eine Region finden müssen, in welcher eine vollständige Oxydation zu Kohlensäure stattfindet, also das Maximum der Temperatur herrscht. Von da ab wird ein allmäliger Uebergang, eine Reihe von Zonen, vorhanden sein, wo Kohlenoxydgas neben Kohlensäure in immer stärkerem Maasse auftritt, und der übrige Raum wird nur Kohlenoxyd enthalten. Durch diese Reduction wird die Temperatur allmälig wieder sinken. Denjenigen Theil, in welchem die höchste Temperatur herrscht, nennt man den **Focus**[1]) der Form. Von

[1]) Man hat sich den Focus nicht als Punkt vorzustellen. Fände der Windstrom bei seinem Eintritt in den Hochofen kein Hinderniss an Kohlen, Eisen und Schlacken, so würde er, da er immer mehr zur Verbrennung aufgebraucht wird, eine ungefähr kegelförmige Gestalt zeigen, welche nur durch das Bestreben der Gase, aufwärts zu steigen, so verändert würde, dass die Achse des Kegels eine

dem Focus jeder Form aus würden diese Zonen in concentrischen Kugeln sich ausdehnen, wenn nicht eine Veränderung dieser Kugelform durch das Bestreben der Gase, nach aufwärts zu steigen, bedingt wäre. Die Mittelpunkte der Zonen werden daher etwa in einer nach oben steigenden Parabel liegen, deren Axe die Gestellwand des Hochofens bildet.

2. Kalter Wind.

1 Pfund Kohlenstoff zu Kohlensäure verbrannt, entwickelt circa 8000 Wärmeeinheiten, zu Kohlenoxydgas verbrannt circa 2400. Diejenige Menge Kohlenoxydgas, die 1 Pfund Kohlenstoff enthält, zu Kohlensäure verbrannt, entwickelt circa 4600 Wärmeeinheiten. Es gehen demnach von den 8000 Wärmeeinheiten nach der Reduction zu Kohlenoxydgas 4600 verloren.

Berechnet man die hierbei entwickelten Temperaturen, so zeigt sich, dass die Temperatur, welche bei der Verbrennung von einer Gewichtseinheit Kohlenstoff in Form von Holzkohle oder Koks von 0° Temperatur in einer 0° warmen atmosphärischen Luft unter mittlerem atmosphärischen Druck hervorgebracht wird, wenn Verbrennung zu Kohlensäure erfolgt, 2716° C. beträgt, während unter denselben Verhältnissen die Verbrennung zu Kohlenoxydgas 1486° C. hervorruft [1]).

Parabel statt einer geraden Linie bildete. Das beste Bild von dieser Gestalt giebt die Flamme, welche man erhält, wenn man mit dem Löthrohr recht schwach in eine Kerzenflamme bläst. Der Focus, oder die Orte der energischsten Verbrennung, werden daher als Mantel diesen kegelförmigen Raum umgeben. Wegen der Brechung des Windstromes aber kann man sich den Kegel zu einer Kugel zusammengedrückt und den Focus als die Hülle dieser Kugel denken.

[1]) Die Temperatur

$$T = \frac{pc}{(c + 2{,}76\,c)\; s + n s'} = \frac{8080\,.\,1}{(1 + 2{,}67\,.\,1)\; 0{,}2164 + \frac{77}{23}\; 2{,}67\,.\,1\,.\,0{,}244} = \frac{8080}{2{,}975} = 2716^0$$

und

$$T_1 = \frac{p'' c}{(c + 1{,}33\, c)\, s' + n' s''} = \frac{2473\,.\,1}{(1 + 1{,}33\,.\,1)\; 0{,}248 + \frac{77}{23}\, 1{,}33\,.\,1\,.\,0{,}244} = \frac{2473}{1{,}664} = 1486^0,$$

worin p die absolute Wärmemenge des Kohlenstoffs bei der Verbrennung zu Kohlensäure, p'' dieselbe bei der Verbrennung zu Kohlenoxyd nach Favre und Silbermann, c die Menge des Kohlenstoffs $= 1$, n und n' die Gewichtsmengen des Stickstoffs entsprechend dem zur Verbrennung nöthigen Sauerstoff, s die specifische Wärme der Kohlensäure, s' die des Kohlenoxydgases und s'' die des Stickstoffes nach Regnault bezeichnet. Die geringe Abweichung gegen Seite 83 rührt von der Anwendung genauerer Coefficienten für die specifische Wärme her. Wir bemerken bei dieser Gelegenheit, dass auf den absoluten Werth dieser Zahlen für die Entwickelung der Theorie wenig ankommt. Die bedeutende Differenz zwischen der Verbrennungstemperatur des Kohlenstoffs zu Kohlensäure und der Verbrennungstemperatur des Kohlenstoffs zu Kohlenoxyd ist jedenfalls ein nicht in Abrede zu stellendes Factum. Alle anderen Schlüsse ändern sich in demselben Verhältnisse, als man die absolute Verbrennungstemperatur höher oder niedriger annimmt. Wenn daher auch die Percy'schen Formeln (vergl. Bd. I. der Metallurgie) nicht ausreichend sein sollten, um die Verbrennungswärme genau zu be-

Die Differenz 2716 — 1486 = 1230° kann als die Temperaturerniedrigung bei Reduction der Kohlensäure zu Kohlenoxydgas angenommen werden, welche allmälig stattfindet, bis alle Kohlensäure reducirt ist.

Vorwärmung des Brennmaterials. Der Temperaturgrad wird indessen wesentlich durch zwei Umstände vermehrt; erstens dadurch, dass die zur Verbrennung kommenden Kohlen nicht die Temperatur von 0° haben, sondern bereits auf die Verbrennungstemperatur vorgewärmt sind, und zweitens dadurch, dass im Ofen nicht die Spannung der Atmosphäre, sondern eine höhere herrscht.

Die Temperaturerhöhung durch die Vorwärmung der Kohlen lässt sich auf folgende Weise ermitteln: Durch den 0° warmen Kohlenstoff werden 8080 [1]) Wärmeeinheiten erzeugt. Derselbe kommt mit 2716° C. im Gestell zur Verbrennung und da seine specifische Wärme 0,24 für Holzkohle, 0,20 für Koks [2]), im Durchschnitt 0,22 beträgt, so erhält man für die Gewichtseinheit Kohle 2716 . 0,22 = 597 Wärmeeinheiten. Diese werden bei der Verbrennung frei, d. h. die ihnen entsprechende Temperatur tritt der vorhin gefundenen hinzu. Die vorhandene Wärmemenge wird daher 8080 + 597 = 8677 Wärmeeinheiten betragen, die Temperatur folglich $= \frac{8677}{2,975} = 2917^0$ C., d. h. um 201° C. höher sein, als die oben angenommene [3]).

Pressung im Hochofengestell. Der zweite Umstand, welcher eine Temperaturerhöhung bedingt, die Pressung, die im Inneren des Hochofens herrscht, ist ein noch wenig untersuchter Punkt.

Tunner hat die Anregung zur Erörterung dieser Frage gegeben und Schmidhammer zu Neuberg auf Rittinger's Veranlassung genaue Versuche angestellt. Die Anwendung, welche der Letztere, Hauer und Andere von diesen Ermittelungen auf die Berechnung des von den Gebläsen gelieferten Windquantums gemacht haben, ist Seite 67 u. f. bereits erwähnt. Es ist von Interesse, die Art und Weise der Beobachtungen näher kennen zu lernen.

Tunner [4]) hatte lange schmiedeiserne Röhren angewendet, welche von der Gicht aus eingesenkt wurden und in deren oberes Ende man ein Manometer steckte. Es ist klar, dass durch die Reibung in den langen engen Röhren, welche nur $^1/_2$ Zoll inneren Durchmesser besassen, und durch das Verstopfen derselben die Resultate ungenau werden mussten. Die Hochöfen, die zur Anstellung der Versuche dienten, waren die zu Eisenerz und St. Stefen, ersterer hatte 36 Fuss österr. = 36 Fuss 3 Zoll

---

rechnen (vergl. Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft Bd. I, 1868. S. 18), so stört dies doch die daran geknüpften Schlussfolgerungen nicht.

[1]) Favre und Silbermann. — [2]) Regnault. — [3]) Da der Nenner der Formel $T = \frac{p c}{(c + 2{,}67\, c)\, s + n\, s''}$, derselbe bleibt und nur für das anfängliche $p = 8080$ jetzt $p = 8677$ eintritt. — [4]) Leobener Jahrb. 1860, S. 286.

preuss. = 11,38 Meter Höhe und die Form lag 20 Zoll österr. = 527 Millimeter über dem Boden, letzterer war 40 Fuss österr. = 40 Fuss 3½ Zoll preuss. = 12,64 Meter hoch und die Form lag 2 Fuss österr. = 632 Millimeter über dem Boden. Tunner fand vor den Formen des ersteren Ofens 48 bis 54 Linien österr. (105 bis 118½ Millimeter) Wassersäule (7,7 bis 8,7 Millimeter Quecksilber), während die Windpressung an den Düsen 18 bis 22 Linien österr. (39½ bis 48¼ Millimeter) Quecksilber = 20½ bis 25 Zoll (540 bis 658 Millimeter) Wassersäule betrug.

In St. Stefen schwankte die Gasspannung weit mehr, nämlich zwischen 30 und 50 Linien österr. (65,8 und 109,8 Millimeter) Wassersäule (4,8 bis 8,1 Millimeter Quecksilber) bei 8 bis 12 Linien österr. (17½ bis 26¼ Millimeter) Quecksilber Windpressung.

Schmidhammer wendete die folgende von Rittinger vorgezeichnete Methode an [1]: Der Hochofen zu Neuberg wird durch drei Düsen mit Wind versorgt. Die Drosselklappen, welche den Luftzutritt zu denselben reguliren, wurden ganz geöffnet, nach eingetretenem Beharrungszustande die Druckhöhe hinter den Düsen in der Windleitung durch Manometer abgenommen und die Anzahl der Spiele des Gebläses pr. Minute notirt. Hierauf wurden, ohne an den sonstigen Verhältnissen etwas zu ändern, die Düsen soweit als thunlich (circa 16 Zoll) zurückgezogen, so dass die Luft nunmehr statt in das Gestell in das Formengewölbe ausströmte. Der Erfolg war, bei verminderter Manometerhöhe, eine Vermehrung der Umgangszahl des Gebläses.

Durch Verminderung des Dampfzutritts zur Gebläsedampfmaschine wurde jetzt die Anzahl Umgänge wieder auf die ursprüngliche herabgesetzt, was ein weiteres Herabsinken des Manometerstandes zur Folge hatte. Da die Anzahl Umgänge jetzt ebenso gross wie zu Anfang des Versuchs war, so hat das Gebläse in beiden Zuständen gleich grosse Mengen Wind angesogen und ausgeblasen. Der höhere Manometerstand im Anfang, wo die Düsen in das Hochofengestell bliesen, rührte also von dem Widerstande der darin befindlichen Luft her, welche eine höhere als die atmosphärische Spannung besass.

Für das pr. Secunde aus einer Düse ausströmende Luftgewicht L_1 kann man die Näherungsformel

$$L_1 = A \sqrt{\delta_1 H_1}$$

anwenden, wenn A alle die während des Versuches unverändert gebliebenen Grössen [2] bezeichnet, δ_1 das specifische Gewicht der vor der Düse befindlichen Luft und H_1 den Unterschied der Wassermanometerhöhen, welche den Pressungen in der Windleitung und vor der Düse entsprechen.

Diese Formel findet unmittelbar Anwendung auf den Schluss des Versuches, d. h. wenn die Düse in die freie Luft bläst, da die Manometerhöhe der Luft vor der Düse dann = 0 ist. δ_1 ist dann das specifi-

---

[1]) Berggeist 1862, Nr. 74, S. 297, und Oesterr. Zeitsch. 1862, Nr. 13. — [2]) Ausflusscoëfficient, Düsenquerschnitt etc.

sche Gewicht der Atmosphäre. — Für den Anfang des Versuches jedoch, wo die Düse ins Gestell mündete, hat man, wenn h die Manometerhöhe im Gestell und δ das specifische Gewicht der Luft daselbst bedeutet und H die abgelesene Manometerhöhe

$$L = A \sqrt{\delta (H - h)}.$$

Das Gebläse hatte aber in beiden Fällen gleichviel Luft angesogen und ausgeblasen, es ist also $L = L_1$, folglich

$$\delta_1 H_1 = \delta (H - h).$$

Die specifischen Gewichte δ und δ_1 verhalten sich wie die zugehörigen Wasserbarometerhöhen, es ist also, wenn h in Fussen Wassersäule ausgedrückt wird,

$$\frac{\delta_1}{\delta} = \frac{32}{32 + h}.$$

Nun beträgt h höchstens $1^1/_4$ bis $1^1/_2$ Fuss, daher kann δ_1 annähernd $= \delta$ gesetzt werden und es ergiebt sich

$$H_1 = H - h \text{ und}$$
$$h = H - H_1,$$

d. h. die Pressung im Gestell ist gleich dem Unterschied der Pressungen, welche bei gleicher Umgangszahl des Gebläses in der Windleitung eintreten, wenn die Düse einmal in das Gestell, das andere Mal in die freie Luft mündet.

Es wurden beim Neuberger Hochofen im Mittel nachstehende Quecksilbermanometerstände beobachtet:

	Im Mittel.	An der südlichen Düse.	An der nördlichen Düse.	An der westlichen Düse.
	Linien (österr.) Quecksilberstand im Manometer.			
Bei vorgeschobenen Düsen .	22,5	23,5	21,5	22,5
Bei zurückgezogenen Düsen .	14,5	15	14,5	15
Die Differenz von	8	8,5	7,0	7,5
Daher Millimeter	17,5	18,6	15,3	16,4

Die Differenz von 8 Linien oder $17^1/_2$ Millimeter entspricht also der Pressung im Gestell. Ein zur Controle in eine Oeffnung der Ofenbrust gestecktes Manometer ergab eine höhere Pressung, nämlich 11 Linien oder 24 Millimeter. Diese Verschiedenheit erklärt sich daraus, dass die Localverhältnisse nur ein geringes Zurückziehen der Düsen gestatteten, daher im Formgewölbe nicht der einfache atmosphärische, sondern ein höherer Druck herrschte; es spricht hierfür der Umstand, dass selbst nach

zurückgezogener Düse das Manometer im Gestell noch eine Pressung von 5,5 Linien oder 12 Millimeter zeigte.

Später haben Rinman und Fernqvist Ermittelungen der Pressung an schwedischen Hochöfen angestellt. Sie nahmen die Pressung am Wassermanometer ab, welches wie bei den Versuchen Tunner's an eiserne Röhren angesetzt wurde. Es ergaben sich [1]):

Beim Hochofen zu Hammarby (im Jahre 1862) 54 Linien schwed. = 73,5 Linien preuss. = 160 Millimeter Wassersersäulenpressung (11,75 Millimeter Quecksilber) im Gestell.

Der Hochofen war 42 Fuss schwed. = 39,7 Fuss preuss. = 12,47 Meter hoch, der Durchmesser im Gestell betrug 3 Fuss schwed. = 2,8 Fuss preuss. = 0,89 Meter; die drei Formen hatten 0,167 Fuss schwed. = 22,7 Linien preuss. = 49,5 Millimeter Weite; der 200° C. warme Wind zeigte 15 bis 17 Linien schwed. = 20,4 bis 23,1 Linien preuss. = 44,4 bis 50,3 Millimeter Quecksilber Pressung.

Beim Hochofen zu Forssjö (im Jahre 1863) fand man 30 bis 41 Linien schwed. = 40,8 bis 55,8 Linien preuss. = 88,8 bis 121,4 Millimeter Wassersäulenpressung (6,5 bis 8,9 Millimeter Quecksilber) im Gestell.

Derselbe ist 44 Fuss schwed. = 41,6 Fuss preuss. = 13,06 Meter hoch, das Gestell an den Formen $3^1/_2$ Fuss schwed. = 3,3 Fuss preuss. = 1,04 Meter im Durchmesser. Die beiden Formen hatten 0,208 Fuss schwed. = 28,3 Linien preuss. = 61,7 Millimeter Weite, der 170° C. warme Wind zeigte 12 bis 13 Linien schwed. = 16,3 bis 17,7 Linien preuss. = 35,5 bis 38,5 Millimeter Quecksilberpressung.

Beim Hochofen zu Hasselfors (im Jahre 1864) fand man 42 Linien schwed. = 57 Linien preuss. = 124 Millimeter Wassersäulenpressung (9,1 Millimeter Quecksilber) im Gestell.

Der Hochofen ist 35 Fuss schwed. = 33,1 Fuss preuss. = 10,39 Meter hoch, an den Formen 2,6 Fuss schwed. = 2,4 Fuss preuss. = 0,772 Meter breit und 3 Fuss schwed. = 2,8 Fuss preuss. = 0,892 Meter tief. Die drei Formen haben 0,2, 0,195 und 0,165 Fuss schwed. = 27,2, 26,5, 22,4 Linien preuss. = 59,2, 57,7, 48,8 Millimeter Durchmesser. Der 200° warme Wind zeigt $10^1/_2$ Linien schwed. = 14,3 Linien preuss. = 31,1 Millimeter Quecksilber Pressung.

In der nachstehenden Tabelle sind diese Resultate zusammengestellt. Für die beiden letzten Hochöfen wurden die gerade bei Ablesung der Pressung im Gestell herrschenden Windpressungen an den Formen angeführt. Die Pressungen sind ins Gesammt auf Quecksilberhöhe sowie auf Millimeter übertragen.

---

[1]) Berg- und hüttenm. Zeitung 1861. S. 406.

Hochofen.	Beobachter.	Ofenhöhe. Ganze.	Ofenhöhe. Bis zur Form.	Windtemperatur.	Windpressung.	Pressung im Gestell.
		Meter.		Grade Celsius.	Quecksilbersäule Millimeter.	
Eisenerz . .	Tunner	11,38	10,85	200	39,5—48,25	7,7—8,7
St. Stefan .	„	12,64	12,01	200	17,5—26,25	4,8—8,1
Neuberg . .	Schmidhammer	13,67	—	—	49,4	24,1
Hammarby .	Rinman und Fernqvist	12,47	11,95	200	47,4	11,75
Forssjö . . .	„	13,06	12,54	170	37,0	6,5—8,9
Hasselfors .	„	10,39	9,87	200	31,75	9,1

Ursachen der Pressung im Gestell. Die Pressung im Gestell hat mehrere Ursachen, die verschiedene Resultate bei verschiedenen Oefen voraussehen lassen. — Die Pressung wird nämlich bedingt:

1) Durch die Windpressung.
2) Durch die Ofenhöhe über der Form.
3) Durch die Beschaffenheit der Materialien, welche mehr oder weniger dicht liegen und daher den aufsteigenden Gasen mehr oder weniger Hindernisse bieten können.
4) Durch die im Ofen herrschende Temperatur. Die eingeblasene Luft ändert zwar durch die Bildung von Kohlensäure an sich ihr Volumen nicht, aber die Temperatur von circa 2000°, auf welche die Gase plötzlich bei der Verbrennung erhitzt werden, bedingt eine Ausdehnung derselben auf das mehr als 7fache Volumen [1]), welcher nur bei sehr weiten Gestellen das Gas folgen kann, während im Uebrigen an Stelle dieser Ausdehnung eine Erhöhung des Druckes treten wird.

Wirkung der Pressung im Gestell auf die Temperatur. Dass die Wärme durch die Spannung der Verbrennungsproducte erhöht werden müsse, ergiebt sich aus der Betrachtung, dass nunmehr die entwickelte Wärme sich in einem kleineren Volumen Verbrennungsproducten vertheilt als vorher. Sie wird im umgekehrten Verhältniss zum Volumen steigen, also im geraden zur Pressung. Ist das ursprüngliche Vo-

[1]) Diese höhere Pressung ist auch ein Grund, weshalb man, um keinen Verlust an Wind zu erleiden, namentlich bei engen Gestellen durch Düsenringe u. s. w. einen luftdichten Abschluss der Form herstellen muss.

Die Luft dehnt sich bekanntlich mit jedem °C. um $^1/_{270}$ oder um 0,00366 ihres Volumens aus, vergl. Seite 84.

lumen v, das neue v', die ursprüngliche Temperatur t, die erhöhete t', so ist $v' : v = t : t'$ [1]). Den Pressungen von 4 und 11 Linien oder 0,00872 und 0,02397 Meter entsprechen z. B. die Temperaturen von 2950 und 3009° C.; denn es verhält sich: 0,76 : (0,76 + 0,0087) und 0,76 : (0,76 + 0,0224) = $t : t'$; und da t = 2917° (S. 187), so haben wir $t : t'$ = 2917 : x, wo x im ersten Falle

$$= \frac{2917 . 0{,}7687}{0{,}76} = 2950^0 \text{ C.},$$

dagegen im zweiten Falle

$$= \frac{2917 . 0{,}784}{0{,}76} = 3009^0 \text{ C.}$$

Reduction der Temperatur. Die im Vorliegenden ermittelten Temperaturen sind, um einen hinreichenden Vergleich zu gestatten, unter der Annahme berechnet, dass eine sofortige vollständige Verbrennung des Kohlenstoffs zu Kohlensäure stattfinde und dass ausser den Verbrennungsgasen und dem Stickstoff der Luft keine weiteren Wärme absorbirenden Substanzen vorhanden seien. Beides ist jedoch in der Wirklichkeit nicht der Fall. Der Sauerstoff des einströmenden Windes bedarf einer gewissen Zeit, ehe er sich mit Kohlenstoff zur Bildung von Kohlensäure sättigen kann; in dem Raume unmittelbar vor der Form wird daher ein Ueberschuss an Luft vorhanden sein und erst in einer gewissen, von der Dichtigkeit des Brennmaterials und der Pressung des Windes abhängigen Entfernung, an der Hülle des Focus jeder Form, wird die vollständige Verwandlung des Sauerstoffs in Kohlensäure stattgefunden haben. Umgeben ist die noch nicht verzehrte Luft von einem aus Kohlensäure bestehenden Mantel. Diese Kohlensäure aber kommt sofort in Berührung mit glühenden Kohlen und wird kaum nach ihrer Entstehung auch wieder in Kohlenoxydgas verwandelt, welches daher den übrigen Raum ausfüllt. So lässt sich schon von vornherein einsehen, dass der Raum, in welchem nur Kohlensäure auftritt, ein sehr beschränkter ist, während sich in dem nach der Form zu liegenden Theile unzersetzte Luft, im übrigen Raume aber Kohlenoxydgas mit Kohlensäure gemeinschaftlich, oder Kohlenoxydgas allein vorfindet. Versuche, welche Tunner angestellt hat, und welche in dem Abschnitte über die Gase des Hochofens ausführlich beschrieben werden sollen, bestätigen diese Voraussetzung vollständig. Es wird daher das Brennmaterial nicht zur Verbrennungstemperatur der Kohlensäure vorgewärmt zur Verbrennung selbst gelangen, weil es nur eine sehr kurze Zeit in dieser Temperatur zu verweilen Gelegenheit hat. Eine zweite Temperaturverminderung erleiden die erzeugten Verbrennungsproducte durch die geschmolzenen Producte, das Eisen und die Schlacke, welche zu ihrer Schmelzung der erzeugten Hitze bedürfen. Wenn man das auf eine Gewichtseinheit Kohlenstoff kommende Gewichtsquantum dieser Sub-

---

[1]) Schinz, Wärmemesskunst, S. 207.

stanzen mit ihrer specifischen Wärme multiplicirt und das Product in der zur Berechnung der Verbrennungstemperatur benutzten Formel dem Nenner hinzuaddirt, so erhält man in dem neuen Quotienten die durch die erwähnte Wärmeentziehung reducirte Temperatur [1]).

Es ergiebt sich hieraus, dass die Temperatur um so niedriger, je grösser die Menge der Erze, der Zuschläge und des Aschengehalts der Brennmaterialien im Verhältniss zu dem in letzteren enthaltenen Kohlenstoffe ist.

Praktische Regeln. Aus diesen Betrachtungen, bei welchen von der Temperatur des Windes ganz abgesehen wurde, lassen sich bereits folgende praktische, d. h. für die Praxis nutzbare und durch die Praxis bestätigte Regeln folgern:

1) Je mehr Wind in den Ofen geblasen wird, um so mehr Brennmaterial wird in derselben Zeit verbrannt, um so mehr Wärme erzeugt, um so mehr Materialien können daher geschmolzen werden und um so schneller wird der Gang des Ofens, um so höher daher auch die Production sein. Dies findet nur darin, wie wir später sehen werden, eine bestimmte Grenze, dass das Eisenoxyd einer gewissen Zeit zu seiner Reduction, das reducirte Eisen einer gewissen Zeit zu seiner Kohlung bedarf, ehe Schmelzung eintreten darf, aber in der Praxis wird selten diese Grenze erreicht, geschweige überschritten.

2) Je weiter das Gestell des Ofens, je grösser die in letzterem herrschende Spannung und je dichter das Brennmaterial ist, desto höher muss die Pressung des Windes sein, um die erforderliche Temperatur in das Innere des Gestells fortzupflanzen.

Verhältniss zwischen Windpressung und Düsenquerschnitt. Je höher die Pressung des Windes bei gleichem Brennmaterial und gleichem Windquantum, um so schneller wird die vollständige Umwandlung des Windes in Kohlensäure vor sich gehen, um so höher daher die Temperatur sein. Dieser Lehrsatz bedarf des Beweises. Bei starker Pressung und folglich kleinen Düsen wird der in den Ofen dringende Luftkegel im Verhältniss schmäler und länger sein, als bei schwacher Pressung und grossen Düsen. Die Oberfläche des Luftkegels ist daher im ersten Falle grösser im Verhältniss zu seinem Inhalt als im zweiten, und es muss in Folge dessen im ersten Falle auch die Umwandlung des Sauerstoffs der Luft in Kohlensäure schneller vor sich gehen. Zu stark wird die Pressung nur dann sein, wenn das Gestell oder bei gegenüberliegenden Formen mehr als die Hälfte desselben von dem Luftstrom so schnell durchdrungen wird, dass dem Sauerstoff desselben nicht Zeit bleibt, sich auf diesem Wege vollständig in Kohlensäure umzuwandeln. Es wird dann eine Ausdehnung

---

[1]) $T = \frac{p \cdot c}{(c + 2{,}67\, c)\, s + n s'' + A s'''}$, wenn A die Gewichtsmengen der zu schmelzenden Körper und s''' deren specifische Wärme bezeichnet.

der freien Sauerstoff enthaltenden Zonen nach oben hin stattfinden, es wird die Verbrennung und die durch sie erzeugte Temperatur auf einen grösseren Raum vertheilt und in Folge dessen eine grössere Menge Brennmaterial verbraucht, ohne einen grösseren Effect zu erreichen als den, welchen man erlangte, wenn die Windströme, ehe sie den Ofen durchdrungen oder sich gegenseitig gekreuzt hatten, zur Kohlensäurebildung schon verbraucht waren. Die richtige Pressung des Windes lässt sich nur durch Erfahrung feststellen; wenn es das Gebläse erlaubt, wird man so lange mit der Pressung steigen, als sich unter sonst gleichen Umständen der Brennmaterialverbrauch vermindert. Da von der Quantität des Windes nun aber die Höhe der Production oder besser gesagt die Schnelligkeit des Ofenganges abhängig ist, so wird man, wenn man letztere, nachdem das Maximum der vortheilhaften Pressung bereits erreicht ist, noch vergrössern will, nicht die Pressung erhöhen dürfen, sondern bei gleicher Pressung die Düsen erweitern und dann das Gebläse schneller arbeiten lassen müssen.

Man kann im Allgemeinen wohl behaupten, dass in Folge unzureichender Gebläsemaschinen bei den meisten Hochöfen die Windpressungen zu niedrig sind.

Im Anfang dieses Jahrzehnts hatte sich ein heftiger Streit zwischen den Hüttenleuten, namentlich in Belgien, entsponnen, ob es zweckmässiger sei, für ein gegebenes Windquantum weite Düsen und geringe Pressungen, oder kleine Düsen und hohe Pressungen anzuwenden. Der Streit entstand hauptsächlich bei der grossartigen Vermehrung des Windquantums überhaupt, welches man einem Hochofen behuf Steigerung seiner Production zuführte; man entschied sich indessen, nach vielen misslungenen, oft sehr unökonomischen Versuchen, für diejenige Mittelstrasse, welche wir als die Norm für die Praxis aufgestellt haben.

Zahl der Formen. Es wird jetzt noch die Frage entschieden werden müssen, ob es zweckmässig sei, bei gegebenem Windquantum und gegebener Pressung mehrere kleine oder weniger grosse Formen anzubringen.

Wenn es bei sehr kleinen Holzkohlenhochöfen möglich war, mit einer Form auszureichen, so verbietet sich dies bei weiteren Gestellen und grösseren Oefen sehr bald. Die ungleichmässige Vertheilung der Hitze bewirkt ein ungleichmässiges Niedergehen der Beschickung des Hochofens und in Folge dessen Störungen vom nachtheiligsten Einflusse. Man legt also, um eine möglichst gleichmässige Vertheilung des Windes zu erzielen, mehrere Formen rings um den Ofen, und es würde sich empfehlen, deren so viele wie möglich anzubringen, wenn nicht zwei Gründe eine Grenze setzten. Erstens darf man das Mauerwerk des Ofens nicht zu sehr schwächen, was durch die Anlage zahlreicher nahe an einander liegender Formöffnungen geschehen würde, zweitens wird durch zu viele Formen die Hitze an die Ofenwände gezogen, ohne in das Innere

des Gestells zu dringen; denn da unter der Voraussetzung eines gleichen Windquantums und gleicher Pressung mit der Zahl der Düsen der Querschnitt derselben abnimmt, so vermindert sich auch in demselben Verhältnisse der Durchmesser der Windströme. Windströme von geringem Durchmesser sind aber aus den oben angeführten Gründen zu einer schnellen Verbindung mit dem Kohlenstoff geneigt, die Verbrennung findet daher hauptsächlich in der Nähe der Gestellwandungen statt. Es entsteht der sogenannte Gestellbrand. Man begnügt sich bei mittleren Gestellen mit drei Formen und wendet bei solchen von 4 bis 7 Fuss fünf, bei grösserem Durchmesser bis sieben Formen an. Man vertheilt sie stets so, dass man den Umfang des Gestelles in einen Theil mehr theilt als Formen angewendet werden sollen; dieser überschüssige Theil fällt auf die Arbeitsseite. Man hat zwar, namentlich in Süd-Wales, auch eine Form im Tümpel angelegt, aber es ist dies stets ein Beweis eines nicht guten Betriebes, denn durch den Ausfluss der Schlacke und den Eintritt des Eisens in den Vorheerd wird an sich schon die Wärme nach diesem Theile gezogen, und ein schnelleres Niedergehen der Gichten findet hier ohnehin gegen die Absicht des Hochöfners statt. Aus diesem Grunde bläst man auch in Süd-Wales neuerdings nur im Nothfalle mit dieser Brustform oder Tümpelform (*tymp-twyer*) [1]. Nur bei Blauöfen kann man ohne Nachtheil auch eine Brustform anwenden.

Richtung der Formaxen. Die Richtung der Axen gegenüberliegender Formen pflegt man nicht in eine Verticalebene zu legen, um ein Stauen der Windströme zu vermeiden. Entspricht indessen die Düsenweite dem Durchmesser des Hochofengestelles derart, dass der Windstrom nicht über die Mitte des letzteren vordringen kann, was, wie gezeigt worden ist, bei einer richtigen Leitung des Hochofenbetriebes stets der Fall sein sollte, so ist auch bei gegenüberliegenden Formen kein Nachtheil zu befürchten. Die Formen in zwei Niveaus anzulegen, wie dies z. B. bei den Anthracitöfen von Ystalifera in Süd-Wales der Fall ist, kann nicht als rationell gebilligt werden. Der aus dem unteren Niveau aufsteigende Gasstrom muss hier unter allen Umständen mit den Windströmen des oberen Niveaus in Collision kommen und es werden die als Folgen einer zu hohen Windpressung geschilderten Uebelstände in verstärktem Maasse auftreten.

Man legt die Formen mit ihren Axen horizontal. Giebt man denselben eine Neigung nach unten, so wirken die Windströme auf das angesammelte Roheisen ein und entkohlen es theilweise. Ein Ansteigen der Formen wird zuweilen als Aushülfsmittel benutzt, wenn man bei sehr engen Gestellen die Production an grauem Giessereiroheisen, natürlich dann unter erhöhtem Brennmaterialverbrauch vergrössern will. Bei richtig gewählten Verhältnissen hat ein Ansteigen überhaupt keinen Zweck.

---

[1]) Études sur les Hauts fournaux p. Vathaire, p. 126.

Höhe der Formen. Die Höhe der Formen über dem Bodenstein des Ofens richtet sich nach der Menge des Eisens, welches man ansammeln will. Es darf die Wärmequelle, welche sich im Niveau der Formen befindet, nicht zu fern vom Boden liegen, sonst kühlen sich die angesammelten Massen zu sehr ab. Die gewöhnliche Höhe ist 2½ Fuss. Bei Holzkohlenhochöfen geht man bis 1¼ Fuss herab, bei grossen Kokshochöfen bis auf 3 Fuss hinauf.

3. Erhitzte Gebläseluft.

Nachdem bereits im Vorhergehenden (Seite 89 u. f.) der Nutzen des heissen Windes in Bezug auf Brennmaterialersparniss und Erhöhung der Production durch praktische Beispiele bewiesen ist, bedarf es noch der theoretischen Erklärung dieses Factums.

Gegner des heissen Windes. Wir wollen zuerst kurz über die Behauptungen derjenigen fortgehen, welche eine entschiedene Wirkung des erhitzten Windes in dieser Beziehung überhaupt leugnen, denn sie werden durch die tägliche Erfahrung geschlagen. Zu ihnen gehört der Verfasser des bekannten englischen Werkes über Eisenhüttenwesen, Truran [1]). Derselbe führt zur Bestätigung seines Urtheils Folgendes an:

„Die Ersparniss an Brennmaterial und die Steigerung der Production, welche eine Folge des erhitzten Windes ist, beträgt im Allgemeinen in Wirklichkeit nur ¼ von der dem letzteren zugeschriebenen Wirkung. Manche gehen so weit, dass sie behaupten, durch die alleinige Einführung des erhitzten an Stelle des früher gebrauchten kalten Windes sind ⅔ des zur Erzeugung eines Gewichtes Roheisen erforderlichen Brennmaterials auf schottischen Werken erspart werden. Dahin gehört auch der verstorbene Mushet. Nach ihm soll vor der Einführung des heissen Windes der Verbrauch an Kohle auf der Clyde-Hütte 7 tons 3 cwts. = 143 Centner auf 1 ton = 20 Ctr. gewesen sein. Dies scheint sich aufs Jahr 1797 zu beziehen [2]). Mushet giebt nämlich für 1 ton Roheisen an:

	tons.	cwts.	qrs.	lbs.	Ctr. preuss.
Kohle (welche verkokt aufgegeben wird)	7	8	—	4	= 148,04
Eisenstein (roh)	3	1	2	—	= 61,50
Eisenerz (mildes [3])	—	2	—	—	= 2,00
Kalkstein	—	17	1	4	= 17,29
Maschinen- und Röstkohle	3	16	—	—	= 76,00

Als der heisse Wind eingeführt worden war (1839), betrug der Verbrauch für 1 ton Roheisen:

---

[1]) The Iron Manufacture of Great Britain, theoretically and practically considered, by W. Truran, C. E. 2nd ed. Revised from the M. S. of the late Mr. Truran, by J. Arthur Philipps and William H. Dorman, C. E. London 1862. Das Werk hat 84 lithographirte, gut gezeichnete Tafeln. — [2]) Op. cit. p. 142. — [3]) Mild nennt man ein erdiges Erz im Gegensatz zu dem festen Stückerz.

	tons.	cwts.	qrs.		Ctr. preuss.
Kohle	2	3	2	=	43,5
Gerösteter Eisenstein	2	6	2	=	46,5
Kalkstein	—	11	2	=	11,5

Dies zeigt eine Ersparniss von circa 5 tons = 100 Centner Kohle auf 1 ton = 20 Centner Roheisen, oder 70 Proc. Ersparniss von dem früher gebrauchten Kohlenquantum. Dieselbe wird ganz dem erhitzten Winde zugeschrieben. Richtiger würde die durch letzteren herbeigeführte Ersparniss sich indessen durch 5 Centner als durch 5 tons ausdrücken, denn sonst würde man innerhalb der 42 Jahre zwischen 1797 und 1839 keinen anderen Fortschritt als eben die Einführung des heissen Windes gemacht haben. Dem ist aber nicht so, in diesem Zeitraum sind bekanntlich Verbesserungen in der Vorbereitung des Brennmaterials und der Eisenerze, in der Construction der Oefen und der Gebläse gemacht worden."

Es liegt zwar viel Wahres in dieser Deduction, aber die schottischen Werke hatten wirklich gerade in jener Periode wenig Fortschritte gemacht; nichtsdestoweniger war man doch im Allgemeinen immer fortgeschritten, und Truran geht nur viel zu weit, wenn er allen anderen Verbesserungen $^{9}/_{10}$, dem heissen Winde dagegen nur $^{1}/_{10}$ des erzielten Erfolges beimisst. Die Unrichtigkeit einer solchen Annahme beweisen die bereits auf der Tabelle zu Seite 92 gegebenen Zusammenstellungen, bei denen stets Rücksicht auf zwei unmittelbar auf einander folgende Perioden genommen worden ist.

Truran bezieht sich zu weiterem Beweis auf die Dowlais-Eisenhütte in Süd-Wales, wo sein Vater Ingenieur war, deren Verhältnisse er daher wohl kennen musste, und giebt an, dass dort im Jahre 1791 der Materialverbrauch zu 1 ton = 20 Ctr. Roheisen betrug:

	tons	cwts.	qrs.		Ctr. preuss.
Kohle (zum Verkoken)	6	6	—	=	126
Gerösteter Eisenstein	2	18	—	=	58
Kalkstein	1	8	—	=	28
Maschinenkohle	1	15	—	=	35

1831 dagegen bei gleichfalls kaltem Winde:

	tons.	cwts.	qrs.		Ctr. preuss.
Kohle	2	10	—	=	50
Gerösteter Eisenstein	2	16	—	=	56
Kalkstein	—	18	—	=	18
Maschinenkohle	—	10	2	=	10,5
Röstkohle	—	6	2	=	6,5

Hier beträgt also die ohne Einführung des warmen Windes nur durch anderweitige Verbesserungen nach 40 Jahren erzielte Verminderung der für 1 ton = 20 Ctr. Roheisen erforderlichen Kohlenmenge $^{3}/_{5}$ des anfangs erforderlichen Quantums oder 60 Proc., eine Ersparniss, welche in dem von Mushet angeführten Falle bei Anwendung heissen Windes nur 10 Proc. mehr betrug. Mag auch die Richtigkeit der Re-

sultate von Dowlais nicht bestritten werden, so giebt dies noch immer kein Anhalten, wie sich das Verhältniss bei Einführung von heissem Winde dort gestellt hätte.

Es ist heut zu Tage allerdings schwierig, Vergleiche anzustellen, weil selten unter sonst gleichen Umständen heisser und kalter Wind angewendet zu werden pflegt, und deshalb sind die von Merbach uns überlieferten Angaben (S. 92) von so grosser Wichtigkeit. Schweden giebt noch am besten Gelegenheit zu directen Vergleichen, denn obwohl man auch dort im Allgemeinen mit erhitztem Winde bläst, benutzt man zur Erzeugung gewisser Eisensorten doch kalten Wind. Nach Sandberg [1]) beträgt bei einer Erhitzung zu 350° C. und bei Erzeugung von grauem Roheisen aus See- und Raseneisenerzen die Brennmaterialersparniss 33 Proc., bei Anwendung von 200° heissem Winde und bei Erzeugung von halbirtem Eisen aus Magneteisenerz 20 Proc. So wurde 1858 heisser Wind von 350° C. auf Storebro-Hütte in Småland unter Sandberg's Leitung eingeführt. Man verhüttete See- und Raseneisenerze zu Giessereiroheisen und reducirte die zu einer Gewichtseinheit Roheisen verbrauchte Holzkohlenmenge (Volumen) von 17,8, welche bei kaltem Winde erforderlich gewesen war, auf 11,6. Zu derselben Zeit ersetzte man in Ankarsrum in Småland den bis dahin angewendeten 200° C. heissen Wind durch kalten in Folge von Reparaturen. Man erzeugte halbirtes Roheisen aus Bergerzen (Magnet- und Rotheisenstein). Nach diesem Wechsel musste man das Erzgewicht für ein gegebenes Holzkohlenvolumen um 20 Proc. vermindern, um dieselbe Qualität Roheisen zu erzielen.

Wenn der heisse Wind aber auch Angesichts solcher unleugbarer Thatsachen noch Gegner findet, so liegt der Grund gewöhnlich nicht darin, dass diese die Wirkung des heissen Windes in Bezug auf Brennmaterialersparniss verkennen, sondern dass sie einen nachtheiligen Einfluss desselben auf die Qualität des Eisens voraussetzen. Wie weit die letztere Ansicht gerechtfertigt ist, wird sich erst später erläutern lassen.

Truran's Theorie. Truran, welcher bei Anwendung heissen Windes wohl eine Vermehrung der Production um 10 Proc., dagagen nur eine sehr kleine Brennmaterialersparniss anerkennt, die er im Allgemeinen nicht höher zu veranschlagen scheint, als der Mehrverbrauch am Winderhitzungsapparate beträgt, versucht seine Ansicht auch theoretisch zu begründen. Geht er dabei auch von manchen Voraussetzungen aus, welche wissenschaftlich ganz unhaltbar sind [2]) und wohin namentlich die gehört, dass bei heissem Winde möglicher Weise weniger Sauerstoff in den Hochofen gelange, als zur Verbrennung des Kohlenstoffs zu Kohlenoxydgas erforderlich sei, so giebt er doch manche auf

---

[1]) Jern-Kontoret's Annalen 1856, S. 273 a. a. O. — [2]) Und die daher auch Percy, der diese Ansichten Truran's überausführlich mittheilt, zu der Schlussbemerkung veranlassten (S. 425): Der Unsinn in diesen Auszügen ist der Kritik nicht werth.

praktische, langjährige Beobachtungen gegründete Mittheilungen, die man nur richtig auslegen muss, um sie freilich zum Theil im umgekehrten Sinne nutzbar zu machen.

Den einzigen Grund einer wenn auch geringen Brennmaterialersparniss sieht Truran hauptsächlich darin, dass die Temperatur mehr im Gestell concentrirt wird, wenigstens muss man dahin seine Behauptungen verstehen, dass das Brennmaterial weniger in der Nähe der Gicht verbrenne, als wenn man kalten Wind benutzt [1]). Von einer eigentlichen Verbrennung im oberen Theile des Ofens, in dem sich keinerlei oxydirende Gase vorfinden, kann natürlich nicht die Rede sein [2]).

Dagegen führt Truran das allerdings scheinbar zu seinen Gunsten sprechende, allen Praktikern bekannte Factum an, dass bei dem plötzlichen Uebergang von heissem zu kaltem Winde die Production steige [3]).

Wenn man, sagt er, einen bisher mit heissem Winde betriebenen Ofen, bei dem die Brennmaterialmenge in Folge dessen reducirt war, plötzlich durch Auslöschen der Feuer an den Winderhitzungsapparaten mit kaltem Winde betreibt, so zeigt sich 24 bis 30 Stunden nach der Einführung des kalten Windes eine grössere Production trotz unveränderter Beschickung. Danach aber verlangsamt sich der Gang, und das Eisen wird weiss, wenn es vorher grau war. Nach 48 bis 60 Stunden ist diese Wandlung vollendet und es wird ein Roheisen erzeugt, wie es fällt, wenn man mit kaltem Winde und derselben geringeren Brennmaterialmenge bläst.

Erhöht man dagegen nunmehr die Kohlenmenge wieder so weit, dass die vorher bei heissem Winde erzeugte Eisenart fortdauernd producirt wird, so sinkt die Production in dem Verhältniss, als das Verhältniss des Erzes zu der gesammten Masse von Materialien gesunken ist. Wenn die Production bei heissem Winde 105 tons = 2100 Ctr. in der Woche betrug, so wird die unmittelbare Einführung des kalten Windes sie auf 115 bis 116 tons = 2300 bis 2320 Ctr. erhöhen; fügt man nun das zur Erhaltung der Qualität nöthige Kohlenquantum bei, so sinkt sie wieder auf 96 tons = 1920 Ctr. wöchentlich.

Truran wirft hiernach die Frage auf: „Wenn die Erhitzung des Windes die wahre Ursache der grösseren Production und die Ersparung an Brennmaterial ist, wie kann dann die Production sich erhöhen und die Ersparung das Maximum erreichen, wenn man plötzlich kalten statt heissen Wind anwendet?“

Parry in Ebbw-Vale [4]) erklärt, indem er das Factum zugiebt, diese Erscheinung indess sehr natürlich und ausreichend:

---

[1]) Op. cit. p. 164. — [2]) Percy nimmt allerdings an, dass dies letztere von Truran gemeint sei, und die Bemerkungen, welche die Herausgeber des Werkes hinzufügen, lassen wirklich darauf schliessen. Die Gasanalysen im folgenden Capitel sind ein hinreichender Beweis für die vollständige Grundlosigkeit einer solchen Annahme und machen eine weitere Widerlegung an diesem Orte überflüssig. — [3]) Loc. cit. — [4]) Handschriftl. Mittheilungen an Percy.

„Wenn man,“ sagt er, „plötzlich kalten Wind statt des heissen anwendet, so gelangt, da die Düsenweite dieselbe und auch die Pressung eine gleich hohe bleibt, jetzt ein grösseres Quantum Luft in den Ofen als vorher, der Gichtenwechsel oder Gang des Ofens wird dadurch beschleunigt und die Production wächst. Dies dauert aber nur so lange, als die Hitzeverhältnisse, welche während des Betriebes mit heissem Winde im Ofen statthatten, noch bestehen bleiben; denn allmälig erniedrigt sich die Temperatur, und da der Ofen mit seiner ursprünglich für heissen Wind berechneten Beschickung nunmehr mit kaltem Winde betrieben wird, so verschlechtert sich das Eisen, es entsteht eine eisenhaltige Schlacke, kurz das, was man Rohgang nennt, tritt ein. Natürlich muss auch, wenn der Kohlensatz erhöht wird, die Production herabsinken, da das Verhältniss an Eisen in dem gesammten Material nun ein geringeres ist, wie in der ursprünglichen Beschickung.“ Parry vergleicht den Hochofen nach dem Wechsel des heissen in kalten Wind sehr richtig mit einem Hitze-Vorrathshaus. Wenn der Vorrath erschöpft ist, so hört die Wirkung auf und ein Weiterbetrieb ohne Verengung der Düsen, d. h. Verminderung des Windquantums oder Herabsetzung der Erzmenge im Verhältniss zum Brennmaterial, bringt grosse Nachtheile hervor.

Wirkung des heissen Windes. Nach der Erörterung solcher unhaltbarer Versuche negative Resultate des heissen Windes zu beweisen, wenden wir uns jetzt zu der Untersuchung der wirklichen Ursachen von der Wirkungsweise des heissen Windes.

Wenn auf Grund der zahlreichen praktischen Versuche als bewiesen angenommen wird, dass unter sonst gleichen Verhältnissen heisser Wind eine bedeutende Brennmaterialersparniss mit sich bringt, so heisst dies, dass bei Anwendung heissen Windes die Hitze des letzteren ein gewisses Quantum Brennmaterial vertritt. Wenn die Hitze, welche der Wind dem Ofen zubringt, genau der Hitze entspräche, welche das ersparte Brennmaterial im Ofen entwickelt haben würde, so bedeutete Winderhitzung nur einen Theil Brennmaterial ausserhalb des Ofens verbrennen, um die getrennt von der Verbrennung im Inneren des Ofens erzeugte Hitze den Verbrennungsräumen zuzuführen. Würde in diesem Falle die Wärme, welche das im Erhitzungsapparate verbrannte Brennmaterial entwickelt, ganz auf den Wind übertragen werden, so wäre die effective Ersparung an Brennmaterial = 0, nur der Ort der Wärmeerzeugung wäre vom Inneren des Ofens zum Winderhitzungsapparat verlegt. — Diese Theorie als richtig angenommen, so würde ein Punkt gegen, ein anderer für die Winderhitzung sprechen. Gegen dieselbe spräche zuerst der geringe Nutzeffect aller Winderhitzungsapparate, welcher Veranlassung sein würde, dass circa die Hälfte der erzeugten Wärme ungenutzt verloren ginge, dass man mithin die Ersparniss im Hochofen durch den doppelten Verbrauch ausserhalb desselben büssen müsste; dafür spräche andererseits die bei den Winderhitzungsapparaten gebotene Möglichkeit, ein Brennmaterial zu

verwerthen, welches im Hochofen in physikalischer und chemischer Beziehung nicht verwerthbar ist, nämlich erstens kleine und unreine (aschen-, namentlich schwefelkiesreiche) Steinkohlen, Braunkohlen u. s. w., zweitens die Gichtgase des Hochofens selbst. Wenn der Werth dieses Brennmaterials [1]) nur halb so hoch ist, als der Werth desjenigen, welches man im Hochofen aufgiebt, so würde jener Nachtheil eines durch die Winderhitzung verursachten Wärmeverlustes durch diesen Vortheil wieder ausgeglichen, wäre aber das zum Winderhitzen dienende Brennmaterial von noch geringerem Werthe, so müsste der dadurch bewirkte Vortheil den erwähnten Nachtheil überwiegen.

Die Praxis beweist nun aber, dass bei Anwendung heissen Windes die Ersparniss an Brennmaterial im Hochofen weit grösser ist, als der Aufwand an demselben zur Erhitzung des Windes, dass also abgesehen von dem Vortheile, welchen die Verwendung einer schlechteren Qualität Brennmaterial oder der als Nebenproduct erzeugten Gichtgase mit sich bringt, auch noch ein absoluter Minderverbrauch an Brennstoff erzielt wird. Die Gründe für diese absolute Ersparniss nun sind sehr verschieden aufgefasst worden.

Percy's Ansicht. Da bei kaltem Winde mehr Kohlen verbraucht werden als bei heissem Winde, so muss die im ersten Falle erzeugte Wärmemenge für ein gewisses Roheisenquantum grösser sein, als im zweiten. Die Wärmemenge, d. h. der absolute Wärmeeffect kann daher, nach Percy, mit der Ersparniss nichts zu thun haben, letztere muss vielmehr von dem Grade der Wärme, d. h. dem pyrometrischen Wärmeeffecte (*calorific intensity*) abhängen [2]). Dass in der That bei heissem Winde die Temperatur höher ist, als bei kaltem, wenigstens in der Nähe der Formen, ergiebt sich aus mehreren Thatsachen. Einmal sind bei erhitztem Winde wassergekühlte Formen durchaus nothwendig, da einfache Formen schnell fortbrennen [3]). Ferner ist das Auge (*eye*), d. h. die Oeffnung der Form, welche im Ofen liegt, bei heissem Winde äusserst hell im Vergleich mit den Formaugen bei kaltem Winde. Eine Nasen- (*nose*) Bildung, d. h. die Bildung einer Schlackenröhre in der Fortsetzung der Form in Folge der Abkühlung des herabtröpfelnden flüssigen Productes durch den Windstrom, ist bei heissem Winde nur Ausnahme, bei kaltem Winde aber Regel. Diese Erscheinungen beweisen also, dass die Temperatur bei heissem Winde im Ofen höher ist, als bei kaltem. Gleichgültig, um wieviel höher die Temperatur bei heissem Winde ist, so genügt sie, um die im Hochofen stattfindenden Reactionen, namentlich die Kohlung des reducirten Eisens zu beschleunigen — eine Beschleunigung, welche bei kaltem Winde nur auf Kosten eines höheren Brennmaterialaufwandes

[1]) Die Kosten des festen Brennmaterials oder die Zinsen der Anlage für die Entziehung der Gichtgase. — [2]) Vergl. Thl. I. der Metallurgie. — [3]) Die Temperatur des Windes kann dies an sich natürlich nicht bewirken, da sie weit unter der Schmelzhitze des Materials, aus welchem die Formen gefertigt sind, bleibt.

stattfindet. Man mag dies mit Recht, sagt Percy, nur als eine Umschreibung des bekannten Factums ansehen. Es bedarf daher nun noch der Gründe, um diese Beschleunigung zu erklären.

1) Die kalte Luft, welche in den Ofen kommt und bei ihrer Verbindung mit dem Kohlenstoff plötzlich eine so hohe Temperatur annimmt, muss sich ungemein ausdehnen [1]) und hierzu wird eine bedeutende Menge sonst nutzbarer Hitze verbraucht, während bei heissem Winde die Temperaturdifferenz und daher auch die weitere Ausdehnung geringer ist.

2) Ferner bilden sich Nasen bei kaltem Winde, Röhren mit zahlreichen Oeffnungen, welche sich zuweilen sogar im Ofen kreuzen [2]).

Solche Nasen kann man als Winderhitzungsapparate innerhalb des Ofens betrachten. Sie lassen es nicht zu, dass der Wind immer nur in einer möglichst begrenzten Zone auf das glühende Brennmaterial wirke — was doch nöthig ist, um die Hitze möglichst zu concentriren und dadurch die Maximaltemperatur zu erreichen —, sondern vertheilen den Wind auf einen grossen Raum unter verhältnissmässiger Temperaturerniedrigung in der Nähe der Formen. Bei heissem Winde finden sich diese Nasen nicht, der Sauerstoff kommt in directe Berührung mit dem glühenden Brennmaterial und die Temperatur erhöht sich bedeutend.

3) Die bei kaltem Winde meist offenen Formen geben (siehe Seite 177) zu Windverlusten Veranlassung, welche bei geschlossenen Formen nicht vorkommen. Windverlust ist natürlich gleichbedeutend mit Brennmaterialverlust, sowohl in Bezug auf die geringere Verbrennung im Ofen, als auch auf den Mehrverbrauch an Kohle zur Erzeugung der Betriebskraft u. s. w.

4) In einem gegebenen Volumen enthält der kalte Wind ein grösseres Gewicht Sauerstoff als der heisse; wenn man daher die Wirkung gleicher Volumina heissen und kalten Windes beim Einblasen vergleicht, so könnte man zwar erwarten, dass die durch den heissen Wind zugeführte grössere Wärmemenge durch den grösseren Sauerstoffgehalt des kalten Windes mehr als aufgewogen werden würde, was in Bezug auf die erzeugte Wärmemenge (den absoluten Wärmeeffect) auch nicht zu leugnen ist. Aber unter der Voraussetzung, dass heisser Sauerstoff sich schneller mit Kohlenstoff verbindet, als kalter, oder mit anderen Worten, dass die Verbrennung schneller vor sich geht bei heissem, als bei kaltem Winde,

---

[1]) Luft, Stickstoff, Kohlensäure und Kohlenoxydgas dehnen sich zwischen 0 und 100° unter constantem Drucke (nach Regnault) bekanntlich um etwa 0,37 ihres Volumens aus. — [2]) Mushet berichtet, dass zu Clydach-Hütte in Süd-Wales eine glasige Röhre von einem Ende der Form quer durch das Gestell an die entgegengesetzte Wand sich erstreckte und von da schräg aufwärts nach der Rückwand stieg, wo erst der Wind entwich. Man konnte tagelang kein Licht an den Formen erblicken und zuletzt wurde das solide Mauerwerk vom Winde durchbrochen und ein Flammenstrom trat nach aussen, der in kurzer Zeit das Gebäude zerstört haben würde. Nach allen möglichen Anstrengungen, das Uebel zu beseitigen, musste man den Betrieb einstellen und den ganzen Inhalt des Hochofens herauskratzen. Papers on Iron and Steel, p. 348.

muss dennoch die Temperatur steigen; denn unter sonst gleichen Bedingungen steht die Temperatur in geradem Verhältniss zur Schnelligkeit der Verbrennung.

Diese letztere Annahme wird durch andere Thatsachen bestätigt, so namentlich durch eine bei schwedischen Gasschweissöfen, welche später näher erläutert werden sollen, von Sandberg beobachtete Thatsache, dass die Flamme bei der Verbrennung des Kohlenoxydgases mit kalter Luft durch den ganzen Ofen bis zur Esse geht, ohne den Ofen auf die nöthige Temperatur zu bringen, während bei heisser Luft die Flamme nicht über die Fuchsbrücke des Schweissheerdes fortgeht, d. h. wenig über die Hälfte der vorigen Länge einnimmt und die Temperatur bis zur Schmelzhitze des Schmiedeisens steigt.

Hiernach lässt sich bei Anwendung heissen Windes auf eine energischere Verbrennung und daher höhere Temperatur schliessen, wenigstens in den Grenzen, welche man in der Praxis bis jetzt innehält.

Die Frage, warum findet die Verbrennung in heisser Luft schneller statt, als in kalter, lässt sich nicht anders beantworten, als dass dies ein Naturgesetz wie viele andere ist. Man kann indess die fragliche Erscheinung auch so erklären, dass in heisser Luft jedes Atom Sauerstoff mehr ausgedehnt ist, als in kalter, daher dem Kohlenstoff eine grössere Berührungsfläche bietet. Die chemische Vereinigung, welche nur im Contact beider Körper stattfindet, wird durch die zahlreicheren Angriffspunkte naturgemäss beschleunigt. Uebrigens aber wird das Factum, dass heisse Luft eine lebhaftere, energischere Verbrennung herbeiführe, von vielen Metallurgen bestritten [1]).

Buff und Pfort's Ansicht. Buff und Pfort [2]) beantworten die Frage über die Ursachen der erhöhten Wirksamkeit heisser Luft dahin, dass kalte Luft nicht zur unmittelbaren Verbrennung dienen könne, da sie, je niedriger ihre ursprüngliche Temperatur sei, um so langsamer zu der zur Verbrennung nöthigen Hitze gelange. Ferner finden diese Chemiker den Grund zu einer verhältnissmässig niedrigen Temperatur bei Anwendung kalter Luft namentlich in der durch die langsame Verbrennung vermehrten Bildung von Kohlenoxydgas an Stelle von Kohlensäure.

Wenn man diese Schlussfolgerung als richtig annimmt, so darf man auch voraussetzen, dass die Wirksamkeit des heissen Windes sich besonders dann zeigen wird, wenn das Brennmaterial schwierig zu verbrennen (dicht) ist, und in der That scheint die Brennmaterialersparniss auch bei Koks weit höher sich herausgestellt zu haben als bei der leicht verbrennlichen Holzkohle.

Scheerer's Ansicht [3]). Dass eine Gebläseluft, welche nur 200 bis 300° C. wärmer ist als gewöhnliche atmosphärische Luft, die absolute Production eines Eisenhochofens um 30 bis 50 Proc. vermehrt und aus-

---

[1]) Scheerer II, 140. — [2]) Pogg. Annal. Bd. 34, S. 173. — [3]) Metallurg. I, 477.

serdem noch eine Brennmaterialersparniss von 20 bis 30 Proc. bewirkt, erscheint, nach Scheerer, als ein mit seiner Ursache durchaus in keinem richtigen Verhältnisse stehender Effect. Aber derselbe lässt sich auf einfache und ungezwungene Weise erklären:

Ist die Verbrennungsluft auf t^0 C. erhitzt, so ist klar, dass diese ihr innewohnende Wärme auf ganz analoge Weise zu einer Erhöhung des pyrometrischen Wärmeeffectes beitragen müsse, wie dies bei einer Vorwärmung des Brennmaterials geschieht (vergl. S. 187).

Der pyrometrische Wärmeeffect, d. h. der Wärmegrad, ist nun bekanntlich gleich dem absoluten Wärmeeffect, d. h. der Wärmemenge, welche eine Gewichtseinheit Brennmaterial liefert, dividirt durch das Product aus den Verbrennungsproducten und deren specifischer Wärme. Nimmt man an, dass eine Gewichtseinheit Kohlenstoff verbrannt wird, so ist nach der früher (S. 186) angewendeten Formel:

$$T = \frac{p \, . \, c}{(c + 2{,}67\, c)\, s + n s'}$$

oder da $c = 1$ wird:

$$T = \frac{p}{(1 + 2{,}67)\, s + n s'},$$

worin p den absoluten Wärmeeffect, $(1 + 2{,}67)$ die aus 1 Gewichtseinheit Kohlenstoff erzeugte Menge Kohlensäure (1 Aeq. Kohlenstoff, 2 Sauerstoff) und n die Menge des Stickstoffs der Verbrennungsluft, s die specifische Wärme der Kohlensäure, s' die des Stickstoffs bezeichnet. Wird der Kohlenstoff auf τ^0 erwärmt, so wird

$$T_1 = \frac{p + \tau s''}{(1 + 2{,}67)\, s + n s'},$$

d. h. der Zähler des ersten Bruches wird um das Product aus Temperatur (τ) und specifischer Wärme (s'') des verbrannten Körpers (Kohlenstoff = 1) erhöht.

Wird ferner die Verbrennungsluft erwärmt, so wird

$$T_2 = \frac{p + \tau s'' + t\,(2{,}67\, s''' + n s')}{(1 + 2{,}67)\, s + n s'},$$

d. h. der Zähler des Bruches vermehrt sich um das Product aus Windtemperatur t und $(2{,}67\, s''' + n s')$, in welchem letzten Gliede 2,67 den Sauerstoff der Verbrennungsluft, s''' dessen specifische Wärme, n den Stickstoff der Verbrennungsluft und s' dessen specifische Wärme bezeichnet.

Setzt man nun $T_1 = \frac{A}{C}$, $T_2 = \frac{A + B}{C}$, so ist die Differenz $T_2 - T_1$, d. h. die Temperaturerhöhung $= \frac{B}{C} = t\, \frac{2{,}67\, s''' + n s'}{(1 + 2{,}67)\, s + n s'}$. Da nun s''' die specifische Wärme des Sauerstoffs (= 0,2182 nach Regnault [1]) und

[1]) Graham-Otto I, S. 222.

0,2421 nach de la Roche und Berard), nicht wesentlich von s, der specifischen Wärme der Kohlensäure (= 0,2164 nach Regnault, 0,2187 nach de la Roche und Berard), verschieden ist, im Nenner aber zu 2,67 noch 1 tritt, so muss $\frac{2{,}67\, s''' + ns'}{(1 + 2{,}67)\, s + ns'}$ stets kleiner als 1 sein, folglich wird nicht die ganze Temperatur des Windes im Ofen fühlbar, weil sie sich eben auf ein grösseres Quantum Gase, die noch dazu eine höhere specifische Wärme besitzen, vertheilt, vorausgesetzt, dass τ in beiden Fällen gleich ist, denn nur τ und t sind variabel.

Da aber die verbrennenden Kohlen stets schon vor ihrer Verbrennung annähernd die von den kurz zuvor verbrannten Kohlen erzeugte Temperatur angenommen haben, so folgt daraus, dass mit t nach und nach τ steigen muss, bis ein Maximum erreicht ist, welches eintritt, wenn $T_2 = \tau$ wird, d. h. wenn die Temperatur der durch Verbrennung der Kohle entwickelten Gase genau eben so gross wird, als die Temperatur dieser Kohle vor der Verbrennung war.

Setzt man in der Formel

$$T_2 = \frac{p + \tau s'' + t\,(2{,}67\, s''' + ns')}{(1 + 2{,}67)\, s + ns'}$$

$\tau = T_2$, so erhält man:

$$T_3 = \frac{p + t\,(2{,}67\, s''' + ns')}{(1 + 2{,}67)\, s + ns' - s''}\ ^{1)},$$

d. h. das Temperaturmaximum, welches durch Verbrennung mittelst t^0 warmer atmosphärischer Luft zu erreichen ist.

Für reinen Kohlenstoff [2]) und die specifische Wärme der Gase nach de la Roche und Berard angenommen ergiebt sich:

$$T_3 = \frac{8080 + t\,[2{,}67 . 0{,}2421 + (3{,}33 . 2{,}67)\, 0{,}2754]}{(1 + 2{,}67)\, 0{,}2187 + (3{,}33 . 2{,}67)\, 0{,}2754 - 0{,}2415}$$
$$= \frac{8080 + t\,(3{,}095)}{3{,}01}.$$

Setzt man $t = 300$, so erhält man $T_3 = 2992^0$ C., setzt man $t = 0$, so erhält man $T_3 = 2864^0$ C., der Unterschied der Maximaltemperaturen beträgt mithin 308^0 C., der Wind war zu 300^0 erhitzt, man hat also effectiv 8^0 C. gewonnen. Man sieht, dieser Gewinn ist sehr gering, und wird noch geringer, wenn man den in beiden Fällen gleichen Wärmeverlust durch das geschmolzene Eisen und die Schlacken in Betracht zieht. Bei Einführung der von anderen Physikern gefundenen Zah-

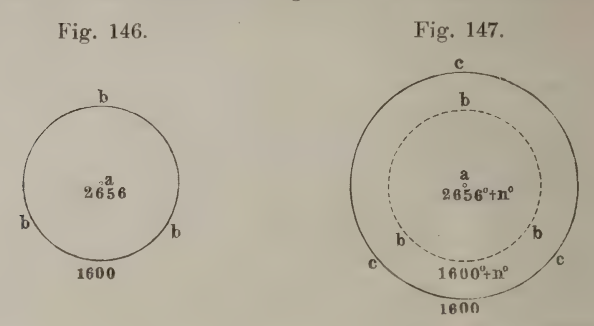
---

[1]) Scheerer hat in seinem Werke S. 479, wo er diese Formel in den ihm eigenthümlichen, übrigens im Wesentlichen gleichbedeutenden Zeichen und mit freilich bereits durch neuere Resultate als falsch nachgewiesenen Zahlen als Formel Nr. 21 entwickelt, im Nenner das dritte Glied durch ein + mit den vorhergehenden verbunden, doch ist dies nur ein Druckfehler, da in dem nachfolgenden Beispiele das richtige — zu Grunde gelegt ist. — [2]) Dessen specifische Wärme s'' nach Favre und Silbermann = 0,2415 ist.

len für die specifischen Wärmen fällt das Resultat noch ungünstiger aus. Scheerer berechnete die Maximaltemperatur für eine Holzkohle mit 3 Proc. Aschengehalt und bei Anwendung eines 300° heissen Windes zu 2962, bei Anwendung kalten Windes zu 2656°, die Differenz also zu 306° und den Gewinn zu 306 — 300 = 6° C. Und doch soll die soeben berechnete durch heissen Wind gewonnene Temperaturerhöhung, wenn auch an sich gering, im Hochofen von bedeutender Wirkung sein. Scheerer erklärt dies dadurch, dass wenn der heisseste Punkt des Schmelzraumes im Ofen eine höhere Temperatur erlangt, der Schmelzraum sich in Folge dessen erweitert und die mittlere Temperatur desselben zunimmt, und macht diese Erweiterung des Schmelzraumes durch folgendes Diagramm klar:

In der Fig. 146 ist der Durchschnitt des Schmelzraumes bei Anwendung von 0° warmem Winde dargestellt. *a* ist der heisseste Punkt, der

Fig. 146. Fig. 147.



mit Zugrundelegung der 3 Proc. Asche haltigen Holzkohle 2656° C. haben möge, *bbbb* die Grenzzone des Raumes, welcher heiss genug ist, dass eine Schmelzung überhaupt eintreten kann, und die eine Temperatur von 1600° C. besitzen soll. Von *a* nach *b* findet also in allen Richtungen eine allmälige Temperaturabnahme von 2656° bis auf 1600° C. statt. Fig. 147 stellt dagegen die Vergrösserung der Schmelzzone bei heissem Winde dar. Der heisseste Punkt ist hier in *a* $2656^0 + n^0$, wenn n die Vermehrung der Temperatur durch den heissen Wind ausdrückt; vorausgesetzt nun, dass die Temperatur in einer einfachen arithmetischen Reihe abnimmt, so wird da, wo im ersten Falle schon die Grenze des Schmelzraumes eintrat, noch eine Temperatur von $1600^0 + n^0$ herrschen, und erst in dem weit grösseren Umfange *ccc* wird die Grenze mit 1600° erreicht sein. Man hat also die Kugelzone zwischen *bbb* und *ccc* gewonnen, es verhält sich daher die Grösse des alten Schmelzraumes zu der des neuen wie $(ab)^3 : (ac)^3$, immer natürlich vorausgesetzt, dass die Beschickung die gleiche geblieben und das Windquantum nicht verändert worden ist.

Der Schmelzeffect, welcher durch die in gleichen Zeiten und mit gleichen Brennmaterialmengen ausgeschmolzenen Roheisenquan-

titäten gemessen wird, muss sich bei der Anwendung 0^0 warmer und bei t^0 heisser Gebläseluft verhalten:

1) Wie die cubischen Inhalte der betreffenden Schmelzräume.

2) Wie die mittleren Temperaturen derselben.

Wird der bei 0^0 erzielte Schmelzeffect $= 1$, der bei t^0 warmer Gebläseluft erzielte Schmelzeffect aber $= E$ gesetzt, so ist, die vorhergegangenen Zahlen 2656 und 1600 als richtig und $n = 1{,}021\,t$ (wenn t die Temperatur des heissen Windes bezeichnet [1]) angenommen,

$$E = (1 + 0{,}000240\,.\,t)\,(1 + 0{,}000967\,.\,t)^3.$$

Man benutzt aber die Wirkung der erhitzten Gebläseluft niemals auf die Weise, dass man dasselbe Brennmaterialquantum beibehält, welches bei Anwendung kalten Windes erfordert wurde, also nicht auf die Weise, dass man den Productionseffect E zu erreichen strebt, sondern man vermindert das Brennmaterialquantum und dadurch auch die absolute Production, welche unter Umständen bis auf die frühere zurückgeführt werden kann.

Will man in solchen Fällen den wahren Effect der erhitzten Gebläseluft (E_1) ermitteln, so muss man auf beides, sowohl auf die vermehrte Production als auf die Brennmaterialersparniss, Rücksicht nehmen.

Scheerer erläutert dies an folgendem Beispiele: Angenommen, ein Hochofen habe durch Anwendung heisser Luft eine $1^1/_2$mal so grosse absolute Production als früher erlangt und die zugleich eingetretene Ersparniss an Brennmaterial betrüge $^1/_4$, d. h. 25 Proc. von dem bei kalter Luft verbrauchten Brennmaterialquantum. Hätte man bei kaltem Winde nur $^3/_4$ des eigentlich erforderlichen Brennmaterials angewendet, so würde die absolute Production auch nur $^3/_4$ der früher erhaltenen gewesen sein. Da man aber durch Anwendung erhitzter Gebläseluft unter diesen Umständen eine Production erreicht, welche $1^1/_2$mal so gross als die frühere ist, so ergiebt sich, dass der Effect des heissen Windes $\frac{1^1/_2}{^3/_4} = 2$ beträgt. Bezeichnet man daher mit b die Ersparniss an Brennmaterial (das bei kalter Luft verbrauchte Quantum $= 1$ gesetzt), und mit c den Coëfficienten, welcher den zugleich erfolgten Productionsanwachs ausdrückt, so hat man

$$E_1 = \frac{c}{1 - b}\,.$$

Die Praxis giebt naturgemäss E_1 stets niedriger als die Berechnung, was Scheerer namentlich in der Absorption der Wärme durch die Expansion der in den Ofen strömenden Gebläseluft begründet zu finden glaubt. Es werden folgende Beispiele zum Beweise angeführt, die hier tabellarisch geordnet sind:

---

[1]) 306 : 300 = 1,02 : 1, siehe Seite 206.

Hüttenwerke.	Erwärmung des Windes. ° C.	Vermehrung der absoluten Production. Procent.	Ersparung an Brennmaterial im Durchschnitt des früheren Quantums. Procent.	Der erfahrungsmässige Effect $E = \frac{c}{1-b}$.	Der berechnete Effect $E = (1 + 0{,}000240\,t) \cdot (1 + 0{,}000967)\,t^3$.
Saynerhütte in Rheinpreussen .	210	57	16	1,87	1,83
Brefven in Schweden	145	13,87	19	1,41	1,53
Åker in Schweden	100	—	20	1,25	1,36
Morgenröthe in Preuss. Schlesien	250	29	23,28	1,69	2,02
In England und Schottland im Durchschnitt nach Walter de St. Ange und Le Blanc . .	322	50	36,6	2,36	2,42

Um den berechneten Effect auf den erfahrungsmässigen zu reduciren, bedarf es einer Correction der Formel durch Multiplication mit einem Coëfficienten, welcher den Wärmeverlust durch die Expansion der Luft angiebt und der von Pressung des Windes und der Temperatur abhängig ist.

Scheerer entwickelt mit Zugrundelegung von Dulong's Versuchen diese corrigirte Formel und erhält:

$$E = (1 + 0{,}000240\,[t - x])\,(1 + 0{,}000967\,[t - x])^3,$$

worin $x = (272{,}85 + t)\,\frac{\psi}{\psi + 1} \cdot \frac{M}{B + M}$ ist, und ψ einen constanten Coëfficienten $= 0{,}421$, M den Manometerstand, B den Barometerstand angiebt.

Schinz's Ansicht. Schinz [1]) gründet seine Entwickelung über den Effect erhitzter Gebläseluft auf dasselbe Princip wie Scheerer, aber er führt noch einen von jenem vernachlässigten Factor, den Druck im Ofen selbst, ein.

Ein Pfund Holzkohle, sagt er [2]), producirt bei seiner Verbrennung zu Kohlensäure 6800 Wärmeeinheiten; die specifische Wärme der erzeugten Verbrennungsproducte zu 3,002 angenommen, ist die Temperatur, welche resultirt = 2265° C. Durch die Vorwärmung der Kohlen auf die Temperatur von 2265° C. erhält man 0,2415 . 2265 = 547 Wärmeeinheiten mehr oder zusammen 2447° C. Die Spannung der Gase im Gestell = 0,33 Meter Quecksilber [3]) angenommen, steigt die Temperatur auf 2536° C.

Wird statt kalter Luft solche von 210° C. eingeblasen, so erhält man 10,664 . 0,2669 . 210 = 597 Wärmeeinheiten mehr oder eine Temperatur von 2466° C. Die auf diese Temperatur vorgewärmten Kohlen geben 595 Wärmeeinheiten mehr oder eine Gesammttemperatur von 2662° C. Dieser Temperatur entspricht eine höhere Spannung, nämlich = 0,045 Meter Quecksilber, bei welcher dann die Temperatur auf 2818° C. steigt [4]). Die Temperaturdifferenz beträgt daher 2818 — 2536 = 282° C. oder der Unterschied derselben gegen die Temperatur des Windes = 282 — 210 = 72°. Die Temperaturen verhalten sich demnach bei kalter und warmer Luft = 1 : 1,111, und ebenso verhalten sich die auf 1 Pfund Kohle bezogenen Wärmemengen.

Ist, fragt Schinz, diese Differenz (11 Proc.) an und für sich gross genug, um einen so bedeutend besseren Effect [5]), welcher bei Anwendung heissen Windes erreicht wird, genügend zu erklären? und antwor-

---

[1]) Wärmemesskunst S. 220. — [2]) Vergl. S. 186, womit die obigen Zahlen nicht übereinstimmen. Die Zahlen nämlich, welche hier nur als Beispiel dienen, sind nicht nach den dortigen Voraussetzungen umgerechnet, sondern wie im Original angegeben, um nicht die Deduction von Schinz zu ändern. — [3]) Vergl. S. 187. — [4]) Auch hier lässt sich eine immerwährende Steigerung bis zu einem Maximum entwickeln. — [5]) In einem von ihm berechneten Beispiele 33⅓ Proc.

tet: Wir glauben nicht, dass eine so kleine Temperaturdifferenz an und für sich diese Erscheinung erkläre. Eine überraschende Erklärung erhalten wir aber, sobald wir das Verhältniss in der Wirkung der strahlenden Wärme bei beiden Temperaturen in Erwägung ziehen. Nehmen wir an, der Schmelzpunkt des Eisens und der Schlacken zusammen sei 1250° C., so ist die Temperaturdifferenz t

bei kaltem Winde = 2536 — 1250 = 1286° C.

bei 210° warmem Winde = 2818 — 1250 = 1568° C.

Nimmt man die Kohlenstücke, die den Schmelzraum erfüllen, als Sphären von 1 Zoll Durchmesser an, so erhält man das Verhältniss der strahlenden Wärme in beiden Fällen = 1 : 8,7 [1]).

Freilich darf man hierbei nicht vergessen, dass das Gesetz, auf welches sich die der Berechnung zu Grunde liegende Formel stützt, von Dulong nur in beschränkten Grenzen geprüft ist.

Schlussfolgerung. Es ist, wie schon die citirten wichtigsten Ansichten verschiedener Metallurgen beweisen, sehr viel über die Theorie der erhitzten Gebläseluft geschrieben [2]), jedoch kommen alle Schriftsteller darin überein, dass die Brennmaterialersparniss und die erhöhete Production, welche jede für sich allein oder beide in geringerem Maasse neben einander bestehen können, lediglich der bei heissem Winde im Verbrennungsraume des Hochofens stattfindenden erhöheten Temperatur zuzuschreiben seien.

Aber in den Erklärungen, welche für die in keinem directen Verhältniss zu der von dem Winde mitgebrachten Wärmemenge stehenden Grösse dieser Wirkung gegeben werden, weichen die Theoretiker weit von einander ab und stehen sich zum Theil schroff gegenüber. Theils sieht man das einfache Zusammenwirken der durch den Wind zugeführten und der durch die Vorwärmung der Kohlen bedingten Temperatur (Scheerer), welche noch durch die steigende Pressung im Inneren des Ofens vermehrt wird (Schinz), als hinreichend zur Erklärung des Wirkungsgrades des erhitzten Windes an, theils wird die strahlende Wärme zu

---

1) Op. cit. S. 222. Diese grosse Differenz rührt daher, dass die Temperaturdifferenz t in der für die Entwickelung der strahlenden Wärme zu Grunde gelegten Formel

$$S m a \varphi (a^t - 1) + L n t^b \text{ (vergl. S. 136),}$$

im ersten Gliede als Exponent eines Factors (a^t), im zweiten Gliede dagegen als Basis eines Factors (t^b) auftritt.

2) Kerl (Hüttenkunde I, S. 636) giebt folgende Zusammenstellung der Literatur: Buff und Pfort in Pogg. Annal. Bd. 34, S. 74, Bergwerksfreund IV, 102. Stud. d. Götting. Verein. bergmänn. Freund. IV; 1. Ebelmen in Valerius Roheisenerzeug., deutsch v. Hartmann 1851, S. 281. Bergwerksfreund II, 470. VIII, 456; Scheerer, Metall. I, 479, II, 140; Welkner, Berg- u. hüttenm. Zeitg. 1854, S. 244; Berggeist 1858, S. 161; Thirria und Ebelmen in Annal d. min. 3 sér. T. 18, p. 183; Scheerer, Berg- u. hüttenm. Zeitg. 1860, S. 494; Kraus, Jahrb. 1852, S. 47 u. 117, der wir noch ausser der citirten ausführlichen Abhandlung von Schinz in dessen Wärmemesskunst, Vathaire, Etudes sur les haut fourneaux, 1867, p. 81 hinzufügen.

Hülfe genommen (Schinz), aber eine erhöhete chemische Wirkung ausser Acht gelassen (Schinz) oder geleugnet (Scheerer). Endlich wird die letztere als wesentlich angenommen und ihr Resultat entweder in einer beschleunigteren (Percy) oder einer vollkommeneren (Buff und Pfort) Verbrennung gesucht.

Auch hier wird, wie gewöhnlich, das Richtige in der Mitte liegen. Eine Temperaturerhöhung in der Weise, wie sie von Scheerer und namentlich vollkommener wegen Hinzuziehung der Pressung im Inneren des Hochofens von Schinz durch Rechnung festgestellt worden ist, liegt so klar theoretisch bewiesen vor, dass daran nicht zu zweifeln ist. Ebenso sicher aber ist es, dass die so berechnete Temperaturdifferenz, schon an sich äusserst klein, in keinem Verhältniss zu dem Brennmaterialaufwand steht, welcher (abgesehen von der Verwendung der Gichtgase) zur Winderhitzung nothwendig ist und welcher bei diesen Rechnungen gar nicht in Betracht gezogen wurde. Ob die Schinz'sche Ansicht von der strahlenden Wärme diesen Mangel ersetzt, ist schwer zu entscheiden, da die Versuche Dulong's für die hier vorhandenen Temperaturen zu wenig Anhalt bieten. Die Wahrscheinlichkeit spricht aber nicht dafür, da man bei noch höherer Temperatur des Windes, z. B. 500 bis 600^0, wie sie bereits in der Praxis vorkommt, hiernach zu unglaublichen Resultaten gelangen würde [1]).

Es bleibt daher zur Ergänzung dessen, was jene physikalische Temperatursteigerung, wenn es erlaubt ist, sich so auszudrücken, nicht erklärt, weiter nichts übrig, als ihr die chemische Wirksamkeit zur Seite zu stellen. Dass chemische Reactionen in erhöhter Temperatur weit energischer verlaufen, ist hinreichend bekannt, man denke nur an einfache Lösungen von Metallen in Säuren. Was hindert uns nun, die von Percy aus Beobachtungen am Gasflammofen hergeleitete Annahme einer solchen energischeren, d. h. schnelleren Verbindung des Sauerstoffs mit dem Kohlenstoff bei Anwendung heissen Windes auch hier gelten zu lassen, d. h. mit anderen Worten vorauszusetzen, dass in derselben Zeit, in der bei kaltem Winde 1 Theil Kohlenstoff verzehrt wurde, mit erhitztem Winde $n.1$ Theile Kohlenstoff verbrannt werden? Es hindert Nichts, diese Ansicht Percy's als richtig anzusehen, aber diese Ansicht giebt keinen Aufschluss über die vorliegende Frage, wodurch die Temperaturzunahme im Hochofen über die vom Winde zugeführte Wärme hinaus und in Folge dessen eine Vergrösserung der Production im Verhältniss zu dem verbrauchten Brennmaterial veranlasst wird; sie giebt nur Aufschluss über die Erhöhung der absoluten Production. Jede Menge eingeblasenen Sauerstoffs kann natürlich nur eine dem chemischen Aequivalente entsprechende Gewichtsmenge Kohlenstoff verbrennen, es verbindet sich eben 1 C = 6 Gewichtstheile Kohlenstoff mit höchstens 2 O = 16 Gewichtstheilen Sauerstoff. Wenn daher in einer Zeiteinheit eine

---

[1]) Schinz, Op. cit. 211 u. f.

gewisse Menge Luft und die dieser entsprechende Menge Sauerstoff in den Ofen geblasen wird, so ist es unmöglich, dass in dieser Zeiteinheit mehr Kohlenstoff verbrenne, als der Sauerstoffmenge entspricht, gleichgültig, ob die Luft kalt oder warm ist. Wir gingen aber bei den Vergleichen stets davon aus, dass in gleichen Zeiten auch gleiche Mengen Sauerstoff in den Ofen gelangen. Wenn Percy's Annahme richtig ist, so würde dadurch nur die Möglichkeit erklärt, in einer gegebenen Zeit mehr Sauerstoff in den Ofen bringen zu können, wenn der Wind erhitzt, als wenn er kalt ist. Allerdings werden in Folge einer grösseren Sauerstoffzufuhr und einer davon abhängigen schnelleren Verzehrung des Brennmaterials in kürzerer Zeit mehr Schmelzmaterialen in das Gestell des Ofens rücken, es wird die absolute Production vermehrt werden; aber die Erklärung für die Vermehrung der relativen Production, d. h. der Production im Verhältniss zu dem verbrauchten Brennmaterial, wird nicht gegeben.

Anders verhält es sich mit der Annahme Buff's, dass beim Einblasen heissen Windes durch die dann eintretende vollständigere Verbrennung der Kohle zu Kohlensäure eine höhere Temperatur entwickelt werde.

Tunner [1]) und schon früher Heine [2]) haben auf den Unterschied in der Bildung von Kohlensäure und Kohlenoxydgas aufmerksam gemacht, je nachdem man heissen oder kalten Wind anwendet. Tunner sagt, sich auf Gasanalysen, die wir später mittheilen werden, stützend:

„In dem Verbrennungsraume eines Eisenhochofens wird stets beides: Kohlenoxydgas und Kohlensäure, gebildet, und zwar um so mehr Kohlenoxydgas, je leichter entzündlich die Kohle ist, je weniger Temperatur und Pressung der Wind hat; je dichter und aschenreicher die Kohle ist, je heisser und je gepresster der Wind, desto mehr Kohlensäure wird im Verbrennungsraume gebildet und desto langsamer wird diese zu Kohlenoxydgas reducirt. Schon oft ist auf den grossen Unterschied der Verbrennungstemperaturen beider Gase (2716° C. für Kohlensäure, 1486° C. für Kohlenoxydgas [3]) hingewiesen worden, und dieser bedeutende Unterschied reicht hinlänglich aus, solche Temperaturdifferenzen zu bewirken, welche die grossartigen Einflüsse des heissen Windes in der Praxis erklären, ja er würde hierzu ausreichen, wenn die Temperaturerhöhung durch heissen Wind gegen die bei kaltem Winde unter Annahme vollständiger Verbrennung zu Kohlensäure gar nicht in Betracht käme.“

Es lässt sich, wenn das Verhältniss der beiden Gasarten zu einander festgestellt ist, die beim Verbrennen des Kohlenstoffs entwickelte Temperatur nach der Formel

$$T = \frac{pc + p''c'}{(c + 2{,}67\,c)\,s + (c' + 1{,}33\,c')\,s''' + ns'}$$

leicht berechnen, worin p den absoluten Wärmeeffect des Kohlenstoffs bei

---

[1]) Berg- u. hüttenm. Jahrbuch IX. S. 315. — [2]) Mit Beziehung auf Kupferöfen Bergwerksfreund V, 208, VI, 513, VII, 545 u. Kerl II, 529. — [3]) Vergl. S. 186.

der Verbrennung zu Kohlensäure, c dessen Menge, p' den absoluten Wärmeeffect des Kohlenstoffs bei der Verbrennung zu Kohlenoxydgas, c' dessen Menge (wobei $c + c'$ stets $= 1$ zu setzen ist), s die specifische Wärme der Kohlensäure, s''' die des Kohlenoxydgases, s' die des Stickstoffs, n die Menge des Stickstoffs bezeichnet. Würden z. B. 40 Proc. Kohlenstoff zu Kohlensäure, 60 Proc. zu Kohlenoxydgas verbrannt, so wäre

$$T = \frac{8080 \,.\, 0{,}4 + 2473 \,.\, 06}{0{,}4\,(1 + 2{,}67)\,0{,}2187 + 0{,}6\,(1 + 1{,}33)\,0{,}274 + 3{,}33\,(2{,}67 \,.\, 0{,}4 + 1{,}33 \,.\, 0{,}6)\,0{,}2754}$$
$$= \frac{4715{,}8}{2{,}415} = 1953^0.$$

Die hierbei entwickelte Temperatur ist also um 2716 — 1953 = 763°C. niedriger als die, welche bei vollständiger Verbrennung zu Kohlensäure entsteht.

Nach den bisher in der Chemie herrschenden und namentlich auch durch die neuesten Untersuchungen Bunsen's [1]) bestätigten Ansichten findet Tunner's Hypothese in einer Beziehung vollständige Begründung, während sie in der anderen Beziehung sich als unhaltbar beweist.

Dass sich bei jeder Verbrennung von Kohlenstoff in Stücken Kohlenoxydgas selbst bei hinreichendem Ueberschuss an Sauerstoff bilde, lässt sich durch Experimente nachweisen und findet darin Erklärung, dass sich zwar an der Oberfläche des Kohlenstückes Kohlensäure bildet, beim Eindringen in das Innere des Stückes diese aber wieder zu Kohlenoxyd reducirt wird. Nach Bunsen's Untersuchungen verbrennt nun Kohlenoxydgas in Luft unter einer Temperaturerhöhung von 0° auf 1997°C., aber bei diesem Temperaturmaximum nur zu einem Drittel, wenn das Mischungsverhältniss das des Knallgases war; wenn das Kohlenoxydgas dagegen mit einer grösseren Menge unverbrennlicher Gase (also z. B. Kohlensäure, Luft) gemischt (verdünnt) war, so verbrennt bei allmäliger Erniedrigung der Temperatur auf 1146°C. in Intervallen die Hälfte. Erst unterhalb dieser Temperatur findet eine gleichfalls in Intervallen eintretende vollständige Verbrennung zu Kohlensäure statt. Es bleibt mithin bei allen höheren Temperaturen ein Theil des Kohlenoxydgases trotz vorhandenen freien Sauerstoffs unverbrennlich zurück. Die Anwendung dieser Untersuchungen auf den Hochofenprocess ergiebt, dass das bei der ersten Verbrennung und der dabei entwickelten hohen Temperatur gebildete Kohlenoxyd nicht weiter durch die atmosphärische Luft verbrannt werden, sondern dass der noch vorhandene freie Sauerstoff eher einen neuen Theil Kohlenstoff unter abermaliger, wenigstens theilweiser Bildung von Kohlenoxydgas verbrennen wird. Es wird daher die Temperatur im Ofen um so höher sein, je mehr Kohlensäure und je weniger Kohlenoxyd sich bei der ersten Verbrennung bildet. Wenn nun der heisse Wind die vollständigere Verbrennung zu Kohlensäure begünstigt, so muss demgemäss auch die Temperatur im Hochofen steigen. Dass aber der heisse Wind diese Wirksamkeit äussert, muss einstweilen als Thatsache hingestellt werden.

---

[1]) Poggend. Annal. 101, S. 161.

Der zweite Theil der Hypothese Tunner's, dass bei der durch den heissen Wind erzeugten höheren Temperatur die gebildete Kohlensäure sich langsamer zu Kohlensäure reducire, als wenn die Temperatur eine niedrigere sei, ist dagegen unhaltbar. Gerade die erwähnten Untersuchungen Bunsen's bestätigen die Voraussetzung, dass Kohlensäure in hohen Temperaturen in Sauerstoff und Kohlenoxydgas zerfällt und zwar auch in sprungweisen Intervallen. Je höher daher die Temperatur, um so schneller wird die Kohlensäure die Hälfte Sauerstoff abgeben, welche sich sogleich mit dem vorhandenen Kohlenstoff zu Kohlenoxydgas verbindet. Allerdings wird hierdurch Tunner's Hypothese nicht in ihrer ganzen Ausdehnung widerlegt; denn es muss zugegeben werden, dass unter sonst gleichen Verhältnissen ein leichtes, lockeres Brennmaterial (z. B. Holzkohle) die Reduction der Kohlensäure mehr begünstigen wird, als ein schweres, dichtes Brennmaterial (z. B. Koks und Anthracit).

Fassen wir aus diesen Gesichtspunkten schliesslich die zur Erklärung der bedeutenden Wirkung erhitzten Windes auf die Erhöhung der Temperatur im Gestell des Hochofens, auf die Brennmaterialersparniss und die Vergrösserung der Production dienenden Punkte zusammen, so erhalten wir folgendes Resultat:

1) Je heisser der Wind, um so mehr Kohlensäure und um so weniger Kohlenoxydgas wird bei der ersten Verbrennung erzeugt und um so mehr die Temperatur im Hochofen derjenigen genähert, welche bei der vollständigen Verbrennung des Kohlenstoffs zu Kohlensäure erzeugt werden kann.

2) Die so erreichte Temperatur wird noch gesteigert durch die in Folge derselben eintretende höhere Vorwärmung der Kohlen und die steigende Pressung im Gestell, sowie vielleicht durch die bedeutende Zunahme der Wirksamkeit strahlender Wärme.

3) In Folge der erhöheten Temperatur, welche durch ausserhalb des Ofens liegende Einflüsse innerhalb des Ofens hervorgerufen wird, tritt eine dieser entsprechende Ersparniss an Brennmaterial im Hochofen ein, welche weit den etwaigen Brennmaterialienverbrauch zur Erhitzung des Windes übertrifft.

4) Die relative Production, d. h. die Menge der im Verhältniss zu dem aufgewendeten Brennmaterial geschmolzenen Massen, steigt, weil bei Anwendung geringerer Mengen Brennmaterial dieselbe Menge der Schmelzmassen wie bei kaltem Winde, oder bei Anwendung derselben Mengen Brennmaterial, wie bei kaltem Winde, grössere Mengen der Schmelzmassen durchgesetzt werden können.

5) Die absolute Production, d. h. die Menge der in einer bestimmten Zeit geschmolzenen Massen, steigt, weil die Verbrennung und damit der Gang des ganzen Hochofens beschleunigt wird.

---

2. Die Gase des Hochofens.

Nachdem im vorigen Capitel die Veränderungen besprochen worden sind, welche die atmosphärische Luft bei ihrem Eintritt in das Gestell des Hochofens erleidet, wenden wir uns nun zur Untersuchung der Veränderungen, welche die durch die Verbrennung erzeugten Gase bei ihrem Aufsteigen bis zur Gicht erfahren.

Da die vor den Formen und in deren Nähe erzeugten Gase, welche im Wesentlichen aus den Verbindungen des Sauerstoffs der Luft mit Kohlenstoff im Gemenge mit dem Stickstoff der Luft bestehen, bis zu ihrem Entweichen aus der Gicht des Hochofens in keine Berührung mit anderen auf sie einwirkenden Stoffen als den niedersinkenden Schmelz- und Brennmaterialien kommen, so ist klar, dass alle Veränderungen, welche sie erleiden, nur von den letzteren ausgehen können und dass die Kenntniss von der Zusammensetzung der Gase an den verschiedenen Theilen des Hochofens zur Kenntniss der Veränderungen führt, welcher die festen Materialien bei ihrem Niedersinken unterliegen. Es ist daher ein grosses Verdienst, welches sich mehrere Chemiker und Hüttenleute um die Theorie des Hochofenprocesses erworben haben, dass sie directe Untersuchungen der Gase in verschiedenen Tiefen des Hochofens vornahmen. Diese Untersuchungen sind indessen mit so vielen Schwierigkeiten verknüpft, dass es nicht auffallen kann, wenn ihnen häufig mancherlei Unvollkommenheiten anhaften. Es wird daher nach der Mittheilung der bisher in dieser Richtung ausgeführten Arbeiten eine kritische Beleuchtung der Resultate nothwendig.

Wenn auch die chemische Zusammensetzung der Hochofengase den wichtigsten Theil des vorliegenden Abschnittes bildet, so ist doch auch deren physikalische Beschaffenheit, namentlich die Pressung, unter welcher sie sich befinden, und welche bezüglich des untersten Theils des Ofens bereits ein Gegenstand des vorhergehenden Capitels war (Seite 191), sowie ihre Temperatur von Interesse.

Es wird sich zeigen, dass die aus der Gicht entweichenden, daher für den Hochofenprocess selbst nicht mehr nutzbaren Gase (die Gichtgase) einen bedeutenden Theil brennbarer Bestandtheile enthalten und ausserhalb des Ofens zur Erzeugung hoher Temperaturen für verschiedene Zwecke verwendet werden können. Demgemäss sind auch die Apparate in Betracht zu ziehen, vermittelst deren man diese nutzbaren Gase auffängt, fortleitet, reinigt und verbrennt.

Die chemische Zusammensetzung der Gase.

Es sind die Gase mehrerer Hochöfen in Deutschland, Oesterreich, Schweden, Norwegen, Frankreich und England chemisch untersucht wor-

den. Die Resultate dieser Untersuchungen sind zunächst in den folgenden Tabellen zusammengestellt.

Da indessen die einfache Aufführung der procentalen Mengen aller Gasbestandtheile, wie sie die Analysen ergeben haben, nicht zu einer Vergleichung genügt, so musste man die für die Theorie des Hochofenprocesses wichtigsten Bestandtheile, namentlich Kohlensäure und Kohlenoxydgas, auf eine unveränderliche Grösse beziehen. Diese Grösse bietet sich in dem Stickstoff der Luft, welcher unverändert den ganzen Hochofenraum durchläuft, sich weder verringert, noch vermehrt. Es sind daher zuerst (in der mit 1. bezeichneten Gruppe der Horizontalcolumnen) die einzelnen Gasarten nach Volumprocenten angegeben. In der folgenden (mit 2. bezeichneten) Gruppe sind Kohlensäure und Kohlenoxyd, auf 100 Vol. Stickstoff berechnet; in der dritten Gruppe finden sich sodann die in diesen beiden Gasarten auf 100 Vol. Stickstoff enthaltenen Elemente Kohlenstoff und Sauerstoff angeführt. Schliesslich folgt eine als Sauerstoffüberschuss bezeichnete Horizontalcolumne, welche die Menge des Sauerstoffs über oder unter 26,5 [1]) Volum auf 100 Vol. Stickstoff angiebt, d. h. das Mehr oder Weniger gegen das Verhältniss in der atmosphärischen Luft, in welcher eben auf 100 Vol. Stickstoff 26,5 Vol. Sauerstoff enthalten sind. Das Weniger ist hierbei durch ein — angedeutet. In der dritten Gruppe ist der Kohlenstoff natürlich als hypothetischer Kohlendampf angenommen, um nicht Temperatur- und Druckverhältnisse ins Spiel zu bringen. Für diejenigen Leser, welche mit dieser Betrachtungsweise weniger vertraut sein möchten, werde angeführt, dass bei 0°C. und 0,76 Meter Barometerstand 1 Liter hypothetischer Kohlendampf = 1,0727 [2]) Gramm Kohlenstoff entsprechen würde, weshalb man mit dieser Zahl die Volumina des Kohlenstoffs nur zu multipliciren hat, um das Gewicht zu erhalten; also würden z. B. 26,4 Vol. Kohlenstoff und 33,5 Vol. Sauerstoff auf 100 Vol. Stickstoff (vergl. Tabelle I. erste Verticalspalte) = 26,4 . 1,0727 = 28,43 Gramm Kohlenstoff und 33,5 Liter Sauerstoff auf 100 Liter Stickstoff darstellen.

Die mit römischen Ziffern bezeichneten Verticalspalten zeigen nun die auf diese Weise angeordnete Zusammensetzung der einzelnen aus verschiedenen Tiefen des Hochofens entnommenen Gasgemenge. Die Tiefen selbst sind theils als Höhe über den Formen, theils als Tiefe unter der Gicht des Hochofens einmal im Originalmaass, und zweitens zur Vergleichung in Metern ausgedrückt. Das erstere schien nöthig, weil sich in der Literatur über diesen Gegenstand zahlreiche Irrthümer in Folge falscher Benutzung des Originalmaasses vorfinden.

---

[1]) Der Sauerstoffgehalt der atmosphärischen Luft ist nach neueren Bestimmungen zu 20,8 bis 20,93 Procent gefunden, von **Bunsen** (Gasometrische Methoden 1857) zu 20,84 bis 20,97, im Mittel zu 20,96 ermittelt worden. Es ist dem entsprechend die Zahl 26,46 oder abgekürzt 26,5, nicht aber die nur den niedrigsten Resultaten entsprechende Zahl des Originals 26,26 auf 100 Vol. Stickstoff gewählt worden. — [2]) **Bunsen**, Gasom. Methoden S. 304.

A. Hochöfen mit Holzkohlen.

a. Holzkohlen allein.

Tabelle I.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Veckerhagen bei Cassel (Preussen), nach Bunsen, 1839 [1]).

(Fig. 148, S. 234.)

Höhe 5,97 Meter.			Höhe über den Formen:						
		Kurhessische Fuss .	$17^{3}/_{4}$	$16^{1}/_{4}$	$14^{3}/_{4}$	$13^{1}/_{4}$	$11^{3}/_{4}$	$8^{3}/_{4}$	$5^{3}/_{4}$
		Meter	5,11	4,68	4,25	3,81	3,38	2,52	1,65
			Tiefe unter der Gicht:						
		Kurhessische Fuss .	3	$4^{1}/_{2}$	6	$7^{1}/_{2}$	9	12	15
		Meter	0,86	1,29	1,72	2,16	2,59	3,45	4,32
			I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Nach Volumprocenten.	1.	Stickstoff	62,34	62,25	66,29	62,47	63,89	61,45	64,58
		Kohlensäure	8,77	11,14	3,32	3,44	3,60	7,57	5,97
		Kohlenoxyd	24,20	22,24	25,77	30,08	29,27	26,99	26,51
		Sumpfgas [2])	3,36	3,10	4,04	2,24	1,07	3,84	1,88
		Wasserstoff	1,33	1,27	0,58	1,77	2,17	0,15	1,06
Auf 100 Vol. Stickstoff.	2.	Kohlensäure	14,1	17,9	5,0	5,5	5,6	12,3	9,2
		Kohlenoxyd	38,8	35,7	38,9	48,1	45,8	43,9	41,0
	3 [3]).	Kohlenstoff	26,4	27,8	21,9	26,8	25,7	28,1	25,1
		Sauerstoff	33,5	35,7	24,4	29,5	28,5	34,2	29,7
	4.	Sauerstoffüberschuss . .	7,0	9,2	−2,1	3,0	2,0	7,7	3,2

[1]) Brit. Assoc. Rep. 1845, p. 143. Bunsen giebt an, dass hier einige Rechnungsfehler seines Originalaufsatzes in Poggend. Annalen Bd. XXXXVI, S. 193 berichtigt worden sind. — [2]) Sumpfgas, Grubengas oder leichtes Kohlenwasserstoffgas, nach der Typentheorie $ЄH^4$, nach älterer Schreibweise C_4H_4, bestehend aus 75 Procent Kohlenstoff, 25 Proc. Wasserstoff; wogegen Aethylen, ölbildendes Gas oder schweres Kohlenwasserstoffgas $ЄH^2$ oder C_4H_2 aus 85,71 Proc. Kohlenstoff und 14,29 Proc. Wasserstoff zusammengesetzt ist. — [3]) Die in den Gasen Nro. 2 enthaltenen Bestandtheile.

Tabelle II.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Baerum (Norwegen), nach Scheerer und Langberg, 1843 [1]).

(Fig. 149, S. 236.)

Höhe 8,79 Meter.			I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
		Höhe über den Formen:						
		Preussische Fuss	23	$20\frac{1}{2}$	18	$15\frac{1}{2}$	13	10
		Meter	7,22	6,43	5,65	4,86	4,28	3,14
		Tiefe unter der Gicht:						
		Preussische Fuss	5	$7\frac{1}{2}$	10	$12\frac{1}{2}$	15	18
		Meter	1,57	2,36	3,14	3,93	4,51	5,65
Nach Volumprocenten.	1.	Stickstoff	64,43	62,65	63,20	64,28	66,12	64,97
		Kohlensäure	22,20	18,21	12,45	4,27	8,50	5,69
		Kohlenoxyd	8,04	15,33	18,57	29,17	20,28	26,38
		Sumpfgas	3,87	1,28	1,27	1,23	1,18	—
		Wasserstoff	1,46	2,53	4,51	1,05	3,92	2,96
Auf 100 Vol. Stickstoff.	2.	Kohlensäure	34,4	29,0	19,7	6,6	12,8	8,8
		Kohlenoxyd	12,5	24,4	29,4	45,4	30,7	40,6
	3.	Kohlenstoff	23,4	26,7	24,5	26,0	21,7	24,7
		Sauerstoff	40,6	41,2	34,4	29,3	28,1	29,1
	4.	Sauerstoffüberschuss	14,1	14,7	7,9	2,8	1,6	2,6

[1]) Annalen der Physik und Chemie Bd. LX, S. 499.

Tabelle III.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Clerval (Frankreich), nach Ebelmen, 1841[1]).

(Fig. 150, S. 236.)

Höhe 8,23 Meter.								
	Höhe über den Formen:							
Preussische Fuss .	26,2	22,0	17,7	13,5	9,2	8,2	1,4	—
Meter[2])	8,23	6,90	5,56	4,23	2,90	2,56	0,44	—
	Tiefe unter der Gicht:							
Preussische Fuss .	An der Gicht	.4,2	8,5	12,7	17,0	18,1	24,8	Am Tümpel
Meter[2])		1,33	2,67	4,00	5,33	5,67	7,79	
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Nach Volumprocenten. 1. Stickstoff	57,79	75,80	58,15	59,14	60,54	63,07	56,68	47,40
Kohlensäure . . .	12,88	13,96	13,76	8,86	2,23	—	0,31	—
Kohlenoxyd	23,51	22,24	22,65	28,18	33,64	35,01	41,59	51,35
Wasserstoff	5,82	6,00	5,44	3,82	3,59	1,92	1,42	1,25
Wasser auf 100 Vol. trocknen Gases .	11,90	13,41	2,63	0,95	0,42	—	—	—
Auf 100 Volum Stickstoff. 2. Kohlensäure . . .	22,3	18,4	23,7	15,0	3,7	—	0,5	—
Kohlenoxyd	40,7	29,3	39,0	47,7	55,6	55,5	73,4	108,3
3. Kohlenstoff	31,5	23,8	31,3	31,3	29,6	27,7	36,9	54,1
Sauerstoff	42,6	33,0	43,2	38,8	31,5	27,7	37,2	54,1
4. Sauerstoffüberschuss	16,1	6,5	16,7	12,3	5,0	1,2	10,7	27,6

[1]) Trav. Scient. 2. p. 314 und Annales des mines. III. sér. T. XX, p. 419. — [2]) Originalmaass.

Tabelle IV.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Clerval (Frankreich), nach Ebelmen, 1848 [1]).

(Fig. 151, S. 239.)

Höhe 9,6 Meter.								
	Höhe über den Formen:							
Preussische Fuss .	27,4		21,0		11,4		3,3	—
Meter [2])	8,6		6,6		3,6		1,05	—
	Tiefe unter der Gicht:							
Preussische Fuss .	3,2		9,5		19,1		27,2	Am Tümpel
Meter [2])	1		3		6		8,55	
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Nach Volumprocenten.								
1. Stickstoff	57,22	58,56	60,92	60,89	63,04	63,06	61,22	58,17
1. Kohlensäure . . .	12,01	11,95	4,14	4,23	0,49	0,07	—	0,93
1. Kohlenoxyd	24,65	23,85	31,56	31,34	35,05	35,47	37,55	39,86
1. Sumpfgas	0,93	1,33	0,34	0,77	0,36	0,31	0,10	0,25
1. Wasserstoff	5,19	4,31	3,04	2,77	1,06	1,09	1,13	0,79
Auf 100 Vol. Stickstoff.								
2. Kohlensäure . . .	21,0	20,4	6,8	6,9	0,8	0,1	—	1,6
2. Kohlenoxyd . . .	43,1	40,7	51,8	51,5	55,6	56,2	61,3	68,5
3. Kohlenstoff	32,0	30,5	29,3	29,2	28,2	28,1	30,6	35,0
3. Sauerstoff	42,5	40,7	32,7	32,6	28,6	28,2	30,6	35,8
4. Sauerstoffüberschuss	16,0	14,2	6,2	6,1	2,1	1,7	4,1	9,3

[1]) Annal. des mines, sér. IV, t. 19, p. 117. — [2]) Originalmaass.

Tabelle V.

Zusammensetzung der Gase des Wrbna-Hochofens zu Eisenerz (Steiermark), nach Tunner und Richter, 1860 [1]).

(Fig. 152, S. 240.)

		Höhe über den Formen:				
Höhe 10,85 Meter.	Oesterreichische Fuss .	23 1/3	17 1/3	11 1/3	7 1/3	4 Zoll
	Meter	7,37	5,48	3,58	2,32	0,10
		Tiefe unter der Gicht:				
	Oesterreichische Fuss .	11	17	23	27	34
	Meter	3,48	5,37	7,27	8,53	10,75
		I.	II.	III.	IV.	V.
Nach Volumprocenten. 1.	Stickstoff	70,50	71,36	68,81	66,66	66,34
	Kohlensäure	16,39	17,80	9,60	2,68	11,60
	Kohlenoxyd	13,11	10,89	21,59	30,66	22,06
Auf 100 Vol. Stickstoff. 2.	Kohlensäure	23,2	24,9	13,9	4,0	17,5
	Kohlenoxyd	18,6	15,3	31,4	46,0	33,3
3.	Kohlenstoff	20,9	20,1	22,6	25,0	25,4
	Sauerstoff	32,5	32,5	29,6	27,0	34,1
4.	Sauerstoffüberschuss . .	6,0	6,0	3,1	0,5	7,6

Tabelle VI.

Zusammensetzung der Gase des Kaiser-Franz-Hochofens bei Eisenerz (Steiermark), nach Tunner und Richter, 1860 [1]).

(Fig. 153, S. 242.)

Höhe 12,01 M.	Höhe über den Formen:	27 Fuss österr. = 8,53 Meter
	Tiefe unter der Gicht:	11 Fuss österr. = 3,48 Meter
Nach Volumprocenten. 1.	Stickstoff	69,68
	Kohlensäure	17,09
	Kohlenoxyd	13,23
Auf 100 Vol. Stickstoff. 2.	Kohlensäure	24,5
	Kohlenoxyd	19,0
3.	Kohlenstoff	21,7
	Sauerstoff	34,0
4.	Sauerstoffüberschuss . .	7,5

[1]) Tunner's Jahrbuch, 9. S. 281. 1860.

Tabelle VII.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Mägdesprung (im Harz), nach Heine, 1842 [1]).

		Tiefe unter der Gicht 10 Fuss [2]) preuss. oder 3,138 Meter.		
		Bei Gaargang.	Bei Darstellung halbirten Eisens.	Bei Rohgang.
		I.	II.	III.
Nach Volumprocenten. 1.	Stickstoff	60,33	58,93	61,17
	Kohlensäure	2,17	2,23	3,41
	Kohlenoxyd	36,42	38,39	34,09
	Wasserstoff	0,54	0,45	0,59
	Sumpfgas	0,54	—	0,74
	Sauerstoff	Spur	Spur	—
Auf 100 Vol. Stickstoff. 2.	Kohlensäure	3,6	3,8	5,6
	Kohlenoxyd	60,4	65,1	55,7
3.	Kohlenstoff	32,0	34,4	30,6
	Sauerstoff	33,8	36,3	33,4
4.	Sauerstoffüberschuss	7,3	9,8	6,9

[1]) Berg- und Hüttenmännische Zeitung. 1842. S. 809. — [2]) So findet sich die Angabe im Texte, bei der Zusammenstellung der Resultate mit den Ebelmen'schen sind nur 7 Fuss angegeben.

Tabelle VIII.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Hammarby (Schweden), nach Rinmann und Fernqvist, 1862 [1]).

(Fig. 154, S. 242.)

Höhe 11,95 Meter.		Höhe über den Formen:						Am Tümpel.
	Schwedische Fuss	40¼	34¼	30¼		26¼		¼
	Meter	11,95	10,17	8,98		7,79		0,07
		Tiefe unter der Gicht:						
	Schwedische Fuss	0,0	6,0	10		14		40
	Meter	0,0	1,78	2,97		4,16		11,88
		I.	II.	III. a [2])	III. b [3])	IV. a [4])	IV. b [5])	V.
Nach Volumprocenten. 1.	Stickstoff	55,1	54,5	57,5	53,7	55,2	58,6	60,2
	Kohlensäure	13,2	14,7	14,0	12,4	8,1	11,9	0,5
	Kohlenoxyd	22,7	23,8	22,4	23,1	29,5	22,7	37,6
	Wasserstoff	7,5	5,5	4,9	8,9	6,1	4,5	1,7
	Sumpfgas	1,5	1,5	1,2	1,9	1,1	2,3	—
	Wasserdampf auf 100 Vol. trocknen Gases	3,0	—	—	2,5	0,2	0,3	—
Auf 100 Vol. Stickstoff. 2.	Kohlensäure	24,0	27,0	24,3	23,1	14,6	20,3	0,8
	Kohlenoxyd	41,2	43,7	39,0	43,0	53,4	38,8	62,4
3.	Kohlenstoff	32,6	35,3	31,6	33,0	34,0	29,5	31,6
	Sauerstoff	44,6	48,8	43,8	44,6	41,3	39,7	32,0
4.	Sauerstoffüberschuss	18,1	22,3	17,3	18,1	14,8	13,2	5,5

[1]) Undersökningar rörande Masugnsgasernas kemiska sammansättning, pression och temperatur m. m. af L. Rinman och B. Fernqvist. — [2]) Von den Ofenwandungen. — [3]) Aus der Mitte. — [4]) Aus dem Ofen. — [5]) Aus der zu den Rostöfen führenden Gasleitung.

Tabelle IX.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Forssjö (Schweden), nach Rinman und Fernqvist, 1863 [1]).

(Fig. 155, S. 245.)

Höhe 12,54 Meter.		I.	II.	III.		IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
		Höhe über den Formen:									Am Tümpel.
	Schwedische Fuss	37,75	33,55	29,25		24,75	21,25	17,05	12,45	8,45	0,25
	Meter	11,20	9,96	8,68		7,35	6,31	5,06	3,69	2,51	0,07
		Tiefe unter der Gicht:									
	Schwedische Fuss	4,5	8,7	13		17,5	21	25,2	29,8	33,8	42
	Meter	1,34	2,58	3,86		5,19	6,23	7,48	8,85	10,03	12,47
		I.	II.	III. a [2])	III. b [3])	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
Nach Volumprocenten. 1.	Stickstoff	55,2	61,2	57,4	59,3	59,1	60,0	61,2	62,1	62,4	60,3
	Kohlensäure	10,8	9,1	10,1	8,8	6,5	6,3	2,9	2,2	3,2	1,4
	Kohlenoxyd	25,7	23,1	26,7	27,3	31,6	28,7	34,9	33,7	32,0	36,7
	Wasserstoff	7,7	6,6	4,8	4,6	2,8	5,0	1,0	2,0	2,4	1,6
	Sumpfgas	0,5	—	1,0	—	—	—	—	—	—	—
	Wasserdampf auf 100 Vol. trocknen Gases	2,3	1,4	0,7	0,5	1,0	—	—	—	—	—
Auf 100 Vol. Stickstoff. 2.	Kohlensäure	19,6	14,9	17,6	14,8	11,0	10,5	4,7	3,5	5,1	2,3
	Kohlenoxyd	46,5	37,7	46,5	46,0	53,5	47,8	57,0	54,3	51,3	60,9
3.	Kohlenstoff	33,0	26,3	32,0	30,4	32,2	29,1	30,8	28,9	28,2	31,6
	Sauerstoff	42,8	33,7	40,9	37,8	37,7	34,4	33,2	30,7	30,8	32,8
4.	Sauerstoffübersch.	16,3	7,2	14,4	11,3	11,2	7,9	6,7	4,2	4,3	6,3

[1]) Loc. cit. — [2]) Aus der Mitte. — [3]) Aus der Gasleitung zu den Röstöfen.

Tabelle X.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Hasselfors (Schweden), nach Rinman und Fernqvist, 1864 [1]).

(Fig. 156, S. 245.)

Höhe 9,87 Meter.		Höhe über den Formen:					Am Tümpel.
	Schwedische Fuss	31,25	27,25	22,25	10,85	3,15	0,25
	Meter	9,28	8,09	6,61	3,22	0,93	0,07
		Tiefe unter der Gicht:					
	Schwedische Fuss	2	6	11 [2])	22,4	30,1	33
	Meter	0,59	1,78	3,26	6,65	8,94	9,80
		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Nach Volumprocenten. 1.	Stickstoff	58,6	55,8	59,9	62,1	62,9	20,8
	Kohlensäure	11,7	14,5	8,3	3,5	4,1	1,4
	Kohlenoxyd	24,5	23,0	28,4	31,8	31,4	75,9
	Wasserstoff	4,7	5,7	3,0	2,6	1,6	1,9
	Sumpfgas	0,5	1,0	0,4	—	—	—
Auf 100 Vol. Stickstoff. 2.	Kohlensäure	20,0	26,0	13,9	5,6	6,5	6,7
	Kohlenoxyd	41,8	41,2	47,4	51,2	50,0	365,0
3.	Kohlenstoff	30,9	33,6	30,6	28,4	28,2	185,8
	Sauerstoff	40,9	46,6	37,6	31,2	31,5	189,2
4.	Sauerstoffüberschuss	14,4	20,1	11,1	4,7	5,0	162,7

[1]) Loc. cit. — [2]) Aus dem Gasleitungsrohr zu den Röstöfen.

Tabelle XI A.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Harnäs bei Dannemora (Schweden), nach Rinman, 1866[1]).

(Fig. 157, S. 247.)

Höhe 12,02 Meter.						
	Höhe über der Form:					
Schwedische Fuss	34	23,5		14,75	7,25	
Meter	10,09	6,97		4,38	2,15	
	Tiefe unter der Gicht:					
Schwedische Fuss	6,5	17		25,75	33,25	
Meter	1,93	5,05		7,64	9,87	
	In der Gasleitung[2]).	An der Wandung.	Im Inneren.	An der Wandung.	An der Wandung.	Im Inneren.
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Nach Volumprocenten. 1.						
Stickstoff	58,80	61,90	61,00	65,45	68,80	64,05
Kohlensäure	11,20	4,90	8,75	1,10	4,20	2,35
Kohlenoxyd	25,50	30,75	26,65	32,35	26,30	33,05
Wasserstoff	3,60	2,45	3,50	1,10	0,70	0,55
Sumpfgas	0,90	—	0,10	—	—	—
Auf 100 Vol. Stickstoff. 2[3]).						
Kohlensäure	19,05	7,91	14,34	1,68	6,10	3,67
Kohlenoxyd	43,37	49,70	43,70	49,43	38,23	51,60
Wasserstoff	6,10	3,95	4,75	1,70	1,25	0,85
Sumpfgas	1,55	—	—	—	—	—
3.						
Kohlenstoff	31,21	28,80	29,02	25,55	22,16	27,63
Sauerstoff	40,73	32,76	36,19	26,39	25,21	29,47
4. Sauerstoffüberschuss	14,2	6,3	9,7	— 0,1	— 1,3	3,0

---

[1]) Handschriftl. Privatmittheilung des Herrn Rinman. — [2]) Im Gasleitungsrohr zu den Röstöfen. — [3]) Die von Rinman berechneten, etwas abweichenden Zahlen sub 2, 3 und 4 in Tabelle XI A, B und C sind unter den Bemerkungen zu den Tabellen aufgeführt und begründet.

Tabelle XI B.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Harnäs bei Dannemora (Schweden), nach Rinman, 1866.

(Fig. 157, S. 247.)

Höhe 12,02 Meter.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
	Höhe über der Form:					
Schwedische Fuss	34	23,5		14,75	7,25	
Meter	10,09	6,97		4,38	2,15	
	Tiefe unter der Gicht:					
Schwedische Fuss	6,5	17		25,75	33,25	
Meter	1,93	5,05		7,64	9,87	
	In der Gasleitung.	An der Wandung.	Im Inneren.	An der Wandung.	An der Wandung.	Im Inneren
1. Nach Volumprocenten.						
Stickstoff	57,20	61,85	—	65,10	65,05	—
Kohlensäure	11,00	6,00	—	0,95	0,85	—
Kohlenoxyd	25,70	29,85	—	33,00	33,25	—
Wasserstoff	5,25	1,85	—	0,95	0,85	—
Sumpfgas	0,85	0,45	—	—	—	—
Auf 100 Vol. Stickstoff. 2.						
Kohlensäure	19,23	9,70	—	1,46	1,31	—
Kohlenoxyd	44,93	48,26	—	50,69	51,11	—
Wasserstoff	9,20	3,00	—	1,45	1,30	—
Sumpfgas	1,50	0,75	—	—	—	—
3.						
Kohlenstoff	32,08	28,97	—	26,07	26,21	—
Sauerstoff	41,69	33,82	—	26,80	26,86	—
4. Sauerstoffüberschuss	15,2	7,3	—	0,3	0,4	—

Tabelle XI C.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Harnäs bei Dannemora (Schweden), nach Rinman, 1866.

(Fig 157, S. 247.)

Höhe 12,02 Meter.		Höhe über der Form:					
Schwedische Fuss		34	23,5		14,75	7,25	
Meter		10,09	6,97		4,38	2,15	
		Tiefe unter der Gicht:					
Schwedische Fuss		6,5	17		25,75	33,25	
Meter		1,93	5,05		7,64	9,87	
		In der Gasleitung.	An der Wandung.	Im Inneren.	An der Wandung.	An der Wandung.	Im Inneren.
		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Nach Volumprocenten. 1.	Stickstoff	58,60 [1]	61,15	—	64,15	66,95	—
	Kohlensäure	11,00 [2]	5,95	—	1,85	1,00	—
	Kohlenoxyd	25,40 [3]	30,85	—	32,75	31,25	—
	Wasserstoff	4,40 [4]	1,75	—	1,05	0,55	—
	Sumpfgas	0,60 [5]	0,30	—	0,20	0,25	—
Auf 100 Vol. Stickstoff. 2.	Kohlensäure	18,77	9,73	—	2,90	1,49	—
	Kohlenoxyd	43,35	50,45	—	51,05	46,68	—
	Wasserstoff	7,50	2,85	—	1,65	0,85	—
	Sumpfgas	1,00	0,50	—	—	—	—
3.	Kohlenstoff	31,06 [6]	30,09	—	26,97	24,08	—
	Sauerstoff	40,44 [7]	34,95	—	28,42	24,83	—
4.	Sauerstoffüberschuss	13,9	8,4	—	1,9	— 1,7	—

[1]) 57,50 dicht am Röstofen. — [2]) 11,10 dicht am Röstofen. — [3]) 25,45 dicht am Röstofen. — [4]) 5,50 dicht am Röstofen. — [5]) 0,45 dicht am Röstofen. — [6]) 31,18 dicht am Röstöfen. — [7]) 40,67 dicht am Röstofen.

b. Hochofen mit Holzkohlen und Holz.

Tabelle XII.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Audincourt (Frankreich), nach Ebelmen, 1841 [1]).

(Fig. 158 und 159, S. 249.)

Höhe 10,55 Meter.							
	Höhe über den Formen:						
Preussische Fuss	33,6	23,0	19,8	16,1	12,4	8,0	—
Meter [2])	10,55	7,22	6,22	5,05	3,88	2,51	—
	Tiefe unter der Gicht:						
Preussische Fuss	An der Gicht.	10,6	13,8	17,5	21,2	25,6	33,6
Meter [2])		3,33	4,33	5,50	6,67	8,04	10,55 [3])
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Nach Volumprocenten. 1. Stickstoff	55,62	54,39	56,07	57,84	57,87	61,61	50,58
1. Kohlensäure	12,59	14,46	9,55	7,54	3,81	0,21	—
1. Kohlenoxyd	25,24	23,62	28,82	30,03	34,28	36,39	48,52
1. Wasserstoff	6,55	7,53	5,56	4,59	4,04	1,79	0,90
Wasser auf 100 Vol. trocknen Gases	22,7	17,0	1,47	—	—	—	—
Auf 100 Vol. Stickstoff. 2. Kohlensäure	22,6	26,6	17,0	13,0	6,6	0,34	—
2. Kohlenoxyd	45,4	43,4	51,4	52,1	59,2	59,1	95,9
3. Kohlenstoff	34,0	35,0	34,2	32,5	32,9	29,7	47,9
3. Sauerstoff	45,3	48,3	42,7	39,0	36,2	29,7	47,9
4. Sauerstoffüberschuss	18,8	21,8	16,2	12,5	9,7	3,3	21,4

[1]) Trav. Scient. p. 315 u. Annal. des mines III. sér. t XX, p. 395. — [2]) Originalmaass. — [3]) In der Formhöhe, der Form gegenüber.

B. Hochöfen mit Koks.

Tabelle XIII.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Vienne (Frankreich), nach Ebelmen, 1843 [1]).

(Fig. 160, S. 252.)

		Höhe über der Form:			
Höhe 9,76 Meter.	Preussische Fuss	31,1	27,9	17,7	2,1
	Meter	9,76	8,76	5,56	0,62
			Tiefe unter der Gicht:		
	Preussische Fuss	An der Gicht.	3,2	13,4	29,0
	Meter [2])		1	4,20	9,14
		I.	II.	III.	IV. [3])
Nach Volumprocenten. 1.	Stickstoff	60,70	63,59	64,66	61,07
	Kohlensäure	11,58	2,77	0,57	0,68
	Kohlenoxyd	25,24	31,83	33,59	36,84
	Wasserstoff	2,48	1,81	1,38	1,41
	Wasserdampf auf 100 Vol. trocknen Gases	5,9	—	—	—
Auf 100 Vol. Stickstoff. 2.	Kohlensäure	19,0	4,4	0,9	1,1
	Kohlenoxyd	41,6	50,0	51,9	60,3
3.	Kohlenstoff	30,3	27,2	26,4	30,7
	Sauerstoff	39,8	29,4	26,8	31,2
4.	Sauerstoffüberschuss	13,3	2,9	0,3	4,7

[1]) Annales des mines IV. sér. T. V, p. 24 u. f. — [2]) Originalmaass. — [3]) Am Tümpel.

Tabelle XIV.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Pont-l'Evêque (Frankreich), nach Ebelmen, 1843 [1]).

(Fig. 161, S. 252.)

		Höhe über der Form:					
Höhe 10,5 Meter.	Preussische Fuss	33,4	22,3	10,6	2,1	0,9	0,8
	Meter	10,50	7,00	3,35	0,67	0,29	0,24
		Tiefe unter der Gicht:					
	Preussische Fuss	An der Gicht.	11,1	22,8	31,3	32,5	32,6
	Meter [2])		3,50	7,15	9,83	10,21	10,26
		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Nach Volumprocenten. 1.	Stickstoff	62,47	62,72	64,27	62,70	71,20	75,10
	Kohlensäure	7,15	0,68	0,17	0,16	5,87	8,11
	Kohlenoxyd	28,37	35,12	34,01	36,15	22,25	16,53
	Wasserstoff	2,01	1,48	1,35	0,99	0,68	0,26
Auf 100 Vol. Stickstoff. 2.	Kohlensäure	11,4	1,1	0,26	0,25	8,2	10,8
	Kohlenoxyd	45,4	56,0	52,9	57,6	31,2	22,0
3.	Kohlenstoff	28,4	28,5	26,6	28,9	19,7	16,4
	Sauerstoff	34,1	29,1	26,7	29,0	23,8	21,8
4.	Sauerstoffüberschuss	7,6	2,6	0,2	2,5	— 2,7	— 4,7

[1]) Annales des mines IV. sér. T. V. p. 25. — [2]) Originalmaass.

Tabelle XV.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Seraing (Belgien), nach Ebelmen, 1848 [1]).

(Fig. 162, S. 254.)

Höhe 14,43 Meter.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Höhe über den Formen:								
Englische Fuss	46,3		43,3	38,3	37,3		35,3	2,3
Meter	14,13		13,21	11,69	11,38		10,77	0,72
Tiefe unter der Gicht:								
Englische Fuss	1		4	9	10		12	45
Meter	0,30		1,22	2,74	3,05		3,66	13,71
Nach Volumprocenten.								
1. Stickstoff	57,06	56,64	59,64	62,46	61,67	61,15	61,34	54,63
1. Kohlensäure	11,39	11,39	9,85	1,54	1,08	1,13	0,10	—
1. Kohlenoxyd	28,61	28,93	28,06	33,88	35,20	35,35	36,30	45,05
1. Sumpfgas	0,20	—	1,48	1,43	0,33	0,29	0,25	0,07
1. Wasserstoff	2,74	3,04	0,97	0,69	1,72	2,08	2,01	0,25
Auf 100 Vol. Stickstoff.								
2. Kohlensäure	20,0	20,1	16,5	2,5	1,7	1,8	0,2	—
2. Kohlenoxyd	50,1	51,1	47,0	54,2	57,1	57,8	59,2	82,5
3. Kohlenstoff	35,0	35,6	31,7	28,3	29,4	29,8	29,7	41,2
3. Sauerstoff	45,0	45,6	40,0	29,6	30,2	30,7	29,8	41,2
4. Sauerstoffüberschuss	18,5	19,1	13,5	3,1	3,7	4,2	3,3	14,7

[1]) Annal. des mines IV, sér. t. XIX, p. 122.

C. Hochofen mit rohen Steinkohlen.

Tabelle XVI.

Zusammensetzung der Gase des Hochofens zu Alfreton (England), nach Bunsen und Playfair, 1845 [1]).

(Fig. 163, S. 256.)

Höhe 11,00 Meter.		Höhe über den Formen:								
	Engl. Fuss .	31′1″	28′1″	25′1″	22′1″	21′1″	16′1″	13′1″	12′1″	2′ 1″
	Meter . . .	9,48	8,56	7,65	6,73	5,82	4,90	3,99	3,69	0,64
		Tiefe unter der Gicht:								
	Engl. Fuss .	5	8	11	14	17	20	23	24	34
	Meter . . .	1,52	2,44	3,35	4,27	5,18	6,10	7,01	7,31	10,36
		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
Nach Volumprocenten. 1.	Stickstoff	55,35	54,77	52,57	50,95	55,49	60,46	58,28	56,75	58,05
	Kohlensäure . . .	7,77	9,42	9,41	9,10	12,43	10,83	8,19	10,07	—
	Kohlenoxyd . . .	25,97	20,24	23,16	19,32	18,77	19,48	26,97	25,10	37,43
	Sumpfgas	3,75	8,23	4,58	6,64	4,31	4,40	1,64	2,33	—
	Wasserstoff	6,73	6,49	9,33	12,42	7,62	4,83	4,92	5,65	3,18
	Oelbildendes Gas .	0,43	0,85	0,95	1,57	1,38	—	—	—	—
	Cyan	—	—	—	—	—	—	Spur	Spur	1,34
Auf 100 Vol. Stickstoff. 2.	Kohlensäure . . .	14,0	17,2	17,9	17,8	22,4	17,9	14,0	17,7	—
	Kohlenoxyd . . .	47,0	37,0	44,0	37,9	33,9	32,2	46,3	44,4	64,4
3.	Kohlenstoff	30,5	27,1	30,9	27,8	28,1	25,0	30,1	31,0	32,2
	Sauerstoff	37,5	35,7	39,9	36,7	39,3	34,0	37,1	39,9	32,2
4.	Sauerstoffüberschuss	11,0	9,2	13,4	10,2	12,8	7,5	10,6	13,4	5,7

[1]) Report of the British Association. 1846. p. 170 u. f.

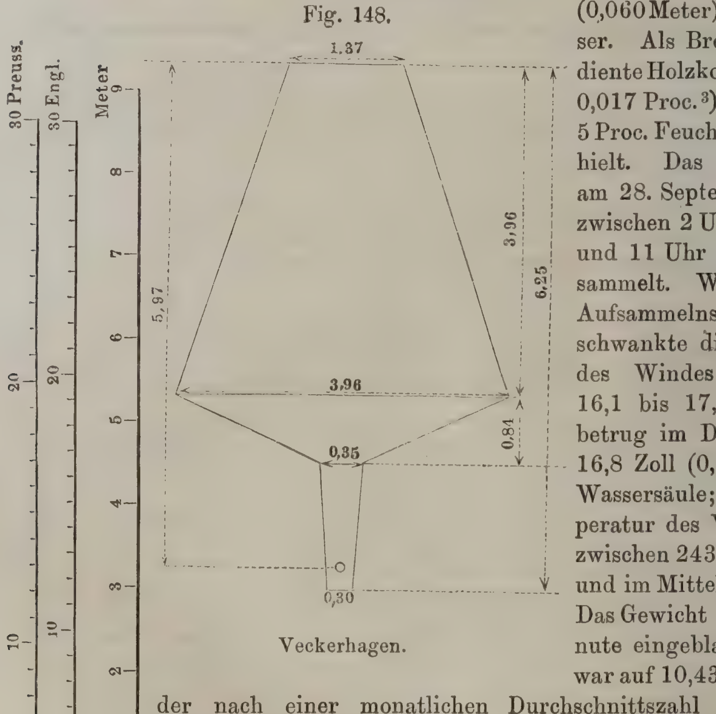
Ergänzende Bemerkungen zu den Tabellen über die Zusammensetzung der Gase [1]).

A. Hochöfen mit Holzkohlen betrieben.

a. Mit Holzkohlen allein.

Tabelle I. Veckerhagen (Preussen). Die Dimensionen des Hochofens sind in Fig. 148 [2]) angegeben. Die Düse hatte 27,4 Linien (0,060 Meter) Durchmesser. Als Brennmaterial diente Holzkohle, welche 0,017 Proc. [3]) Asche und 5 Proc. Feuchtigkeit enthielt. Das Gas wurde am 28. September 1838 zwischen 2 Uhr Morgens und 11 Uhr Abends gesammelt. Während des Aufsammelns desselben schwankte die Pressung des Windes zwischen 16,1 bis 17,2 Zoll und betrug im Durchschnitt 16,8 Zoll (0,439 Meter) Wassersäule; die Temperatur des Windes lag zwischen 243° u. 313° C. und im Mittel bei 275° C. Das Gewicht der pr. Minute eingeblasenen Luft war auf 10,432 Kilogrm., der nach einer monatlichen Durchschnittszahl berechnete Kohlenverbrauch pr. Minute zu 1,705 Kilogrm. gefunden. Die Roheisenproduction betrug 1,0218 Kilogrm. pr. Minute, bei deren Reduction 0,3938 Kilogrm. Sauerstoff in Verbin-

Fig. 148.



Veckerhagen.

---

[1]) In diesem Abschnitte sind alle Maasse und Gewichte auf Preussisches und Meter-Maass reducirt. Letzteres ist allein angewendet, wenn es das Original enthielt. — [2]) Die Maasse, welche in die sämmtlichen Skizzen dieses Abschnittes eingetragen sind, bedeuten Meter. — [3]) Pogg. Annal. Bd. XXXXVI, S. 214.

dung mit Kohle gasificirt wurden. Von der Möllerung wurden pr. Minute 4,0314 Kilogrm. durchgeschmolzen. Dieselbe bestand aus:

Kieselsauren Salzen und Oxyden . . .	83,52 Proc.
Wasser	13,00 „
Kohlensäure	3,48 „
	100,00 Proc.

Es entwichen daher pr. Minute 0,1411 Kilogrm. Kohlensäure aus derselben.

Hiernach betrug das Gewicht der der Gicht pr. Minute entströmenden Gase an

ausgeblasener atmosphärischer Luft . .	10,432 Kilogrm.
gasificirtem Sauerstoff aus dem Erz . .	0,394 „
gasificirter Kohle	1,688 „
Kohlensäure aus der Möllerung	0,141 „
Im Ganzen .	12,655 Kilogrm.

was im Grossen und Ganzen mit der Analyse der Gichtgase übereinstimmt. Denn in einem Kilogramm derselben sind der Analyse zufolge an Kohlenstoff enthalten:

in der Kohlensäure	0,0150 Kilogrm.
im Grubengase	0,0076 „
im Kohlenoxydgase	0,1406 „
	0,1632 Kilogrm.

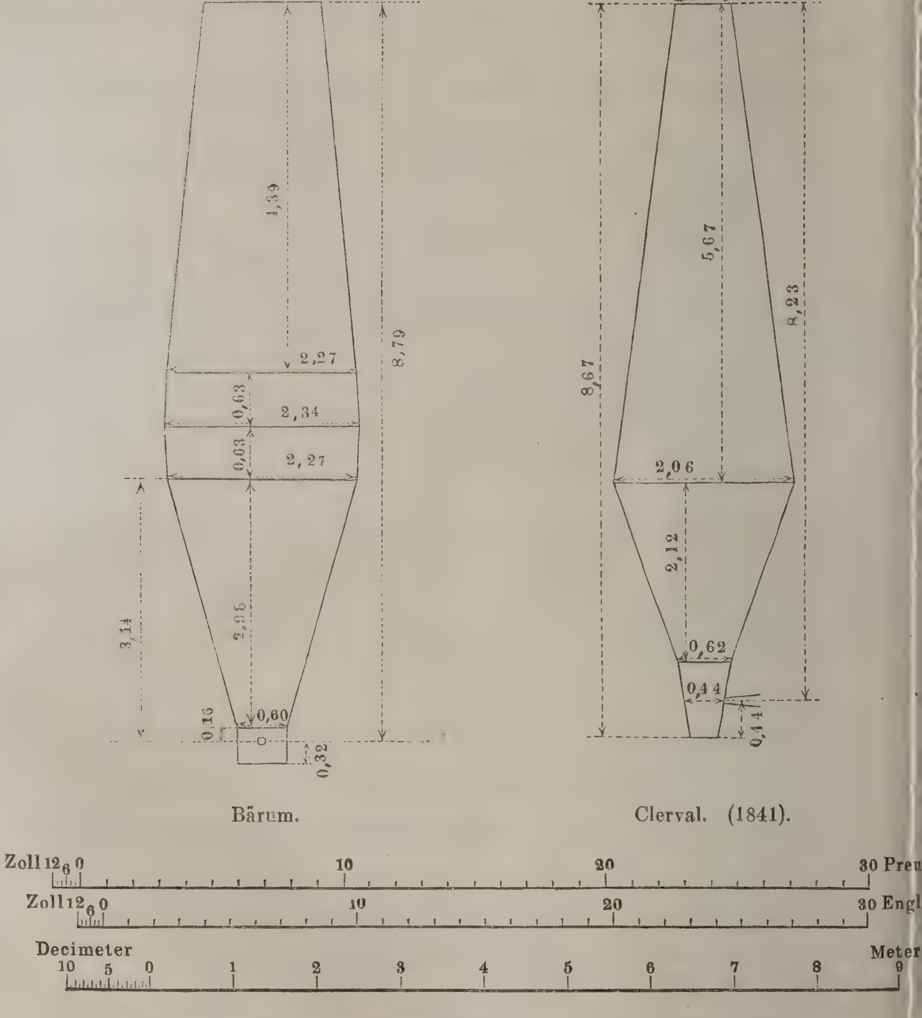
Daher sind nach Abzug der aus der Möllerung entweichenden Kohlensäure 1,924 Kilogrm. Kohlenstoff in demjenigen Gasgemenge vorhanden, welches pr. Minute durch den Schacht streicht. Die unbedeutende Differenz zwischen dieser Menge und den obigen 1,688 Kilogrm. ist in dem Zurückprallen des Windes an der offenen Form begründet.

Tabelle II.[1]). Bärum (Norwegen). Der Ofen ist in seinen inneren Dimensionen durch die Skizze Fig. 149 (a. f. S.) dargestellt. Der Wind wurde durch eine Düse von $2^3/_4$ Zoll (0,072 Meter) Dtr. zugeführt. Der mittlere Manometerstand war 14 Linien (0,030 Meter) Quecksilber. Die Temperatur der durch einen Wasseralfinger Apparat erwärmten Gebläseluft hielt sich zwischen 200^0 und 230^0 C. Man verschmolz ein Gemenge von Eisenglanz und Magneteisenstein mit einem durchschnittlichen Eisengehalte von 40 bis 42 Procent. Da die Erze theils kalkige, theils kieselige waren, so bedurfte man keines schlackenbildenden Zuschlages. Als Brennmaterial dienten Tannenkohlen. Die wöchentliche Production betrug etwa 140 Schiffspfund (446,5 preuss. Centner, 22325 Kilogrm.) graues Roheisen. Die Gase in der Höhe von 20,5 und 10 Fuss über der Form wurden nur einfach, alle anderen doppelt untersucht, und die Tabelle giebt bei den letzteren das Mittel an. Scheerer folgert aus dem

[1]) Pogg. Annal. 60. p. 489. 1843.

Verhältniss des Stickstoffs zum Sauerstoff in den Gasen, dass die Erze vor ihrem Eintritt in den weitesten Theil des Hochofens sich schon in fast völlig reducirtem Zustande befinden müssen.

Fig. 149. Fig. 150.



Bärum. Clerval. (1841).

Tabelle III. Clerval (Frankreich), 1841. Der Hochofen von Clerval hatte zur Zeit, wo die in dieser Tabelle zusammengestellten Versuche gemacht wurden, die Dimensionen der vorstehenden Skizze, Fig. 150. Derselbe wurde mit heissem Winde betrieben, welcher eine Temperatur von 175° bis 190° C. hatte. Die Düse hatte 0,065 Meter Durchmesser,

die Pressung des Windes betrug nur 0,015 bis 0,018 Meter Quecksilber. Die Gichten waren zusammengesetzt aus

	Cubikmeter	=	Kilogramm
Holzkohle	0,500		115
Kalkstein	0,020		29
Bohnerz	0,110		198
Kalkigem Erz . . .	0,050 — 0,060		89 — 107.

Der Abstich erfolgte nach je 20 Gichten. Die Beschickung hatte annähernd folgende Zusammensetzung:

Wasser	12,5	Proc.
Kohlensaurer Kalk	21,0	„
Eisenoxyd	39,2	„
Manganoxyd	0,7	„
Kieselsäure	20,0	„
Thonerde	6,6	„

oder:

Eisen		27,2	Proc.
Flüchtige Substanzen = 33,7 Proc.	Sauerstoff . . .	12,0	„
	Wasser	12,5	„
	Kohlensäure . .	9,2	„
Beständige Substanzen = 39,1 Proc.	Kieselsäure . .	20,0	„
	Thonerde . . .	6,6	„
	Kalk	11,8	„
	Manganoxyd .	0,7	„

Die Holzkohle enthielt durchschnittlich 8 Procent Feuchtigkeit und verlor 13,06 Proc. an Gewicht bei einer Erhitzung zur Weissgluth. Bei 150° C. getrocknet und dann analysirt, ergab sie [1])

	Feste Substanz. Proc.	Flüchtige Substanz. In 13,06 Proc.	Proc.
Kohlenstoff	87,68	3,80	28,7
Wasserstoff	2,83	2,83	21,6
Sauerstoff	6,43	6,43	49,7
Asche	3,06	—	—
	100,00	13,06	100,0.

Es erforderten 100 Kilogrm. Roheisen 148 Kilogrm. Holzkohle und 381 Kilogrm. Erz. Die Production betrug 61170 Kilogrm. (1223,4 pr. Ctr.) beinahe stets grauen Roheisens pr. Monat.

Die Gase in den Tiefen bis zum weitesten Theile des Ofens wurden durch gusseiserne Röhren von 0,10 Meter Dtr. aufgefangen, welche mit der Beschickung herabgelassen wurden. Zur Untersuchung des Gases aus dem Kohlensacke (dem weitesten Theile des Ofens, *top of the boshes, grand ventre*) wurde eine Probe vermittelst einer durch das Gemäuer des Ofens geführten Kupferröhre entzogen. Dies Gas, sowie alle aus tiefen Theilen des Ofens gewonnenen Proben zeigten einen an Arsenik erinnern-

[1]) Annales des mines. III. sér., t. XVI. p. 550.

den Geruch. Es brannte mit einer blauen Flamme, welche rothe Ränder hatte. Die Gase aus den tieferen Theilen des Ofens wurden durch Porcellanröhren von kleinem Durchmesser entzogen. Das so gewonnene Gas, 0,44 Meter über der Form, brannte mit weisser, blaugeränderter, auf kalte Körper Zinkoxyd absetzender Flamme.

Die Analysen geben meist Mittel aus zahlreichen einzelnen Versuchen an. Das Gas an der Gicht zeigte im Mittel einen Wassergehalt von 14,38, wenn eine frische Gicht aufgegeben war, und von 9,42 vorher, wenn die Gicht herabgesunken war, auf 100 Vol. trocknen Gases.

Unter dem Tümpeleisen entnommenes Gas zeigte bei einem einzelnen Versuche

51,35	Vol.-Proc.	Kohlenoxyd,
1,25	„	Wasserstoff,
47,40	„	Stickstoff.

Die dicht vor der Form entnommenen Gase gaben

2,67	Vol.-Proc.	Kohlensäure
97,33	„	Sauerstoff und Stickstoff

nebst einer von Ebelmen als zufällig betrachteten geringen Menge Kohlenoxydgas.

Wegen der schwierigen Ausführung des letzten Experimentes, welches nur bei Einstellung des Gebläses möglich war, gelang nur ein Versuch.

Tabelle IV. Clerval (Frankreich), 1848. Nachdem die Genauigkeit der vorhergehenden Analysen von Gasen aus dem Hochofen zu Clerval in Zweifel gezogen war, da in denselben sich Kohlenwasserstoff ausdrücklich als nicht vorhanden bezeichnet fand, so wiederholte Ebelmen die Versuche auf derselben Hütte im October 1848. Der Hochofen war inzwischen beträchtlich in seinen Dimensionen verändert worden, wie die Skizze (Fig. 151) zeigt, und wurde mit kaltem Winde betrieben.

Die Düse hatte 0,063 Meter Durchmesser, die Form 0,09 Meter Breite und 0,10 Meter Höhe. Die Windpressung war = 0,033 Meter Quecksilber.

Eine Gicht bestand aus

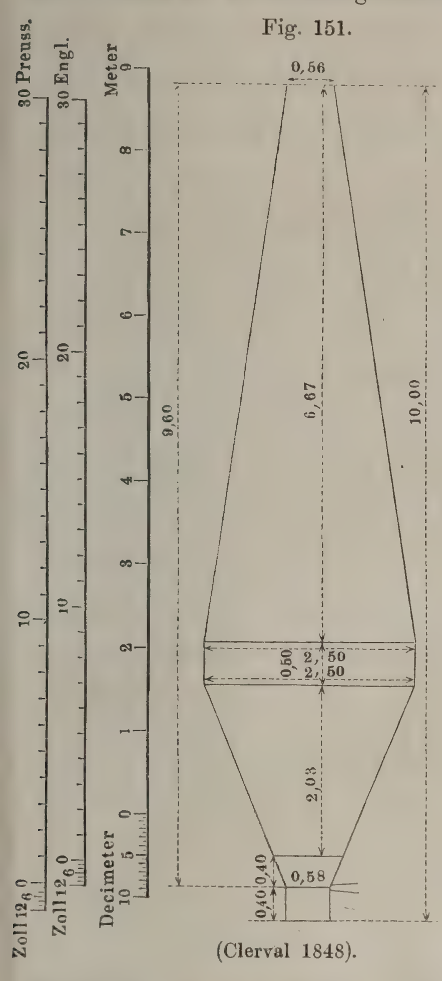
	Cubikmeter	= Kilogramm
Holzkohle	0,500	115
Erz	0,165	295
Kalkstein	0,010	15

32 solcher Gichten wurden in 24 Stunden gesetzt. Nach dem Aufgeben von je 20 Gichten erfolgte der Abstich. Es wurden hierbei im Durchschnitt 1800 Kilogrm., täglich daher 2800 bis 2900 Kilogrm. dunkelgraues Roheisen gewonnen. Die Gase entzog man rund um einen in die Ofengicht gehängten gusseisernen Cylinder.

Probe Nro. I. wurde aus dem das Gas nach den Dampfkesseln führenden Rohre etwa 1 Meter unterhalb der Beschickungsoberfläche, Gas

Nro. II. ebendaher $^1/_4$ Stunde nach der Beschickung entnommen; Gas Nro. III. und IV. ist mittelst gusseiserner eingesenkter Röhren, Gas Nro. V., VI. und VII. aus Oeffnungen in dem Mauerwerk des Ofens und zwar Nro. VII. aus einer 1,05 Meter über der Form im Tümpel gelegenen Oeffnung gewonnen. Dies letztere Gas brannte mit weisser Flamme und entwickelte starken Rauch von Zinkoxyd. Gas Nro. VIII. wurde vermittelst eines in ein Porzellanrohr geschobenen Flintenrohres bei 0,40 Meter Höhe durch den Tümpel entzogen. Die Gase stiessen viel Zinkdämpfe aus. Ebelmen suchte nach Cyan in den Gasen von Nro. V. bis Nro. VIII., entdeckte aber keines. Die Analysen wurden mit Regnault's und Reiset's Eudiometer ausgeführt. Ebelmen findet hinreichende Uebereinstimmung in den Resultaten dieser Analysen mit denen seiner früheren Untersuchungen. „Man sieht," sagt er, „die Reduction progressiv voranschreiten von der Tiefe in 6 Metern bis zur Gicht. In derselben Zone wächst der Kohlenstoffgehalt in Folge der Entbindung von Kohlensäure aus Erz und Zuschlagskalkstein, sowie wegen der fortgesetzten Destillation der Holzkohle. Im umgekehrten Verhältnisse zu der Zunahme des Kohlenoxydgases steht das Verhältniss von Wasserstoff und Kohlenwasserstoff, von denen ersteres keine reductive Kraft zu besitzen scheint. Die Reductionszone liegt offenbar näher an der Gicht als während der 1841 angestellten Versuche, was durch die Verschiedenheit der Windtemperatur zu erklären ist."

Fig. 151.

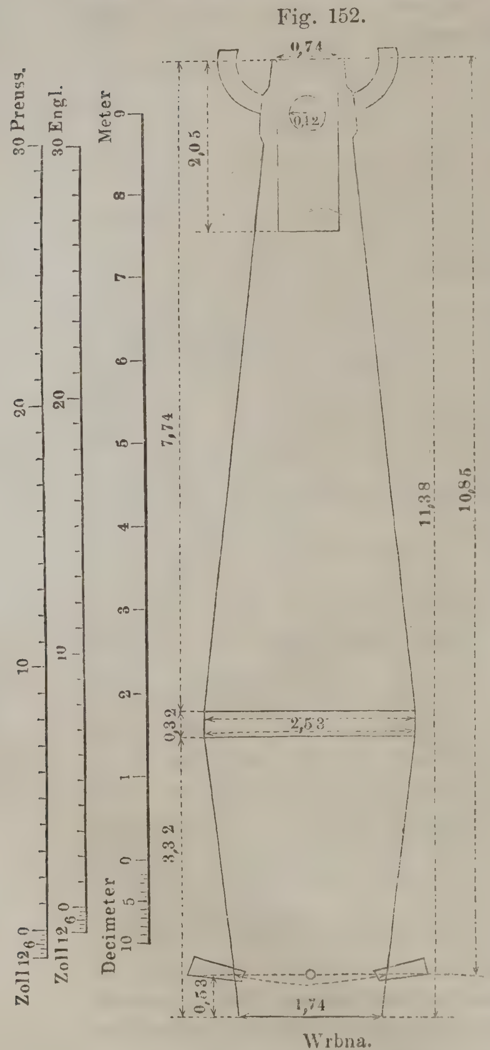


(Clerval 1848).

Tabelle V. Wrbna (Oesterreich). Die Dimensionen des Wrbna-Hochofens zu Eisenerz sind aus der Skizze Fig. 152 (a. f. S.) ersichtlich. Der Querschnitt ist in allen Theilen kreisförmig. An der Gicht ist ein circa $6^1/_2$ Fuss (2, 7 Meter) hoher, 28 Zoll (0,73 Meter) weiter Eisencylinder eingehängt, welcher zum Abfangen der für die Heizung der Lufterhitzungs-Apparate benutzten Gichtgase dient. Das Ableitungs-

rohr ist 16 Zoll (0,42 Meter) weit. Die durchschnittlich auf 200° C. erhitzte Gebläseluft wird dem Ofen durch drei Formen zugeführt, von denen die beiden Seitenformen ebenso wie die Düsen circa 30, die hintere 16 Linien (0,065 und 0,035 Meter) Durchmesser haben. Die Windpressung war 18 bis 22 Linien (0,039 und 0,048 Meter) Quecksilber. Die Windmenge auf atmosphärische Dichte und Temperatur reducirt betrug pp. 862 bis 913 Cubikfuss (26,65 bis 28,23 Cubikmeter). Der Cubikinhalt des Ofens berechnet sich zu nahe 1000 Cubikfuss oder 31 Cubikmeter. Als Brennmaterial diente weiche Holzkohle, von der zu jeder Gicht $19^3/_4$ Cubikfuss (0,61 Cubikmeter) genommen wurden. Man verschmolz geröstete Spatheisensteine pr. Gicht 429 Pfd. (214,5 Kilogrm.) nebst $22^1/_3$ Pfd. (11,17 Kilogrm.) Grauwackenschiefer und 9 Pfd. (4,5 Kilogrm.) Wascheisen. In 24 Stunden gingen durchschnittlich 143 Gichten durch. Das Ausbringen der Erze war 50,8 Proc., die Roheisenerzeugung in 24 Stunden $313^1/_2$ Ctr. (15675 Kilogr.) weissstrahliges Eisen und der Kohlenbedarf zu 100 Pfd. Roheisen, 10 Ckbf. oder pp. 78 Pfd. (39 Kilogrm.).

Fig. 152.



Wrbna.

Die Gase wurden vermittelst schmiedeiserner Röhren von 1 Zoll (0,026 Meter) äusserem und $^1/_2$ Zoll (0,013 Meter) innerem Durchmesser abgeleitet. Es wurde hierbei zugleich die Spannung der Gase gemessen, worüber später Weiteres angegeben werden wird.

Bei der Analyse der Gase konnte auf Wasserstoff und Kohlenwasserstoff keine Rücksicht genommen werden, weil die Eintheilung des Eudiometers nicht hinreichend fein war. Es ist daher der Stickstoff und Kohlenoxydgasgehalt gegen den Kohlensäuregehalt etwas zu hoch befunden worden. Uebrigens ist, wie man aus den anderen mitgetheilten Analysen ersieht, in denen jene Gasarten zum Theil 5 bis

6 Proc. ausmachen, der Fehler doch kein ganz geringer. Die Gase aus den oberen Theilen des Hochofens bis zur Gegend des Kohlensackes oder etwas tiefer zeigten einen Geruch nach Kreosot, wie man denselben auf jeder Holzverkohlungsstätte wahrnehmen kann. Dagegen hatten die Gase aus den tieferen Theilen, wo die Reduction am lebhaftesten ist, einen an Selen erinnernden Geruch, der aber, wie Tunner bemerkt, vielleicht von Cyankalium oder anderen Stoffen herrührte.

Tabelle VI. St. Stefen (Oesterreich). Der Kaiser-Franz-Hochofen zu St. Stefen bei Eisenerz hatte die durch die Skizze Fig. 153 (a. f. S.) angegebenen Dimensionen. Er war mit zwei einander gegenüberliegenden Düsen und Formen von 23 Linien (0,050 Meter) Durchmesser versehen. Der Wind hatte eine Pressung von 8 bis 12 Linien (0,017 bis 0,026 Meter) Quecksilber und eine Temperatur von 200° C.

Als Erz diente roher Spatheisenstein. Die Gicht bestand aus 16,1 Cbkf. Fichtenkohle, 347 bis 358 Pfund (173,5 bis 179 Kilogrm.) Erz nebst 16,8 Pfd. (8,4 Kilogrm.) Kalkzuschlag. Das Ausbringen der Beschickung war 35 bis 36 Proc., der Kohlenaufwand zu 100 Pfd. grauen Roheisens 12,7 Cbkf. oder circa 95 bis 100 Pfd. (47,5 bis 50 Kilogrm.). In 24 Stunden gingen 74 Gichten durch. Die Gase wurden an der Gicht zur Lufterhitzung verwendet.

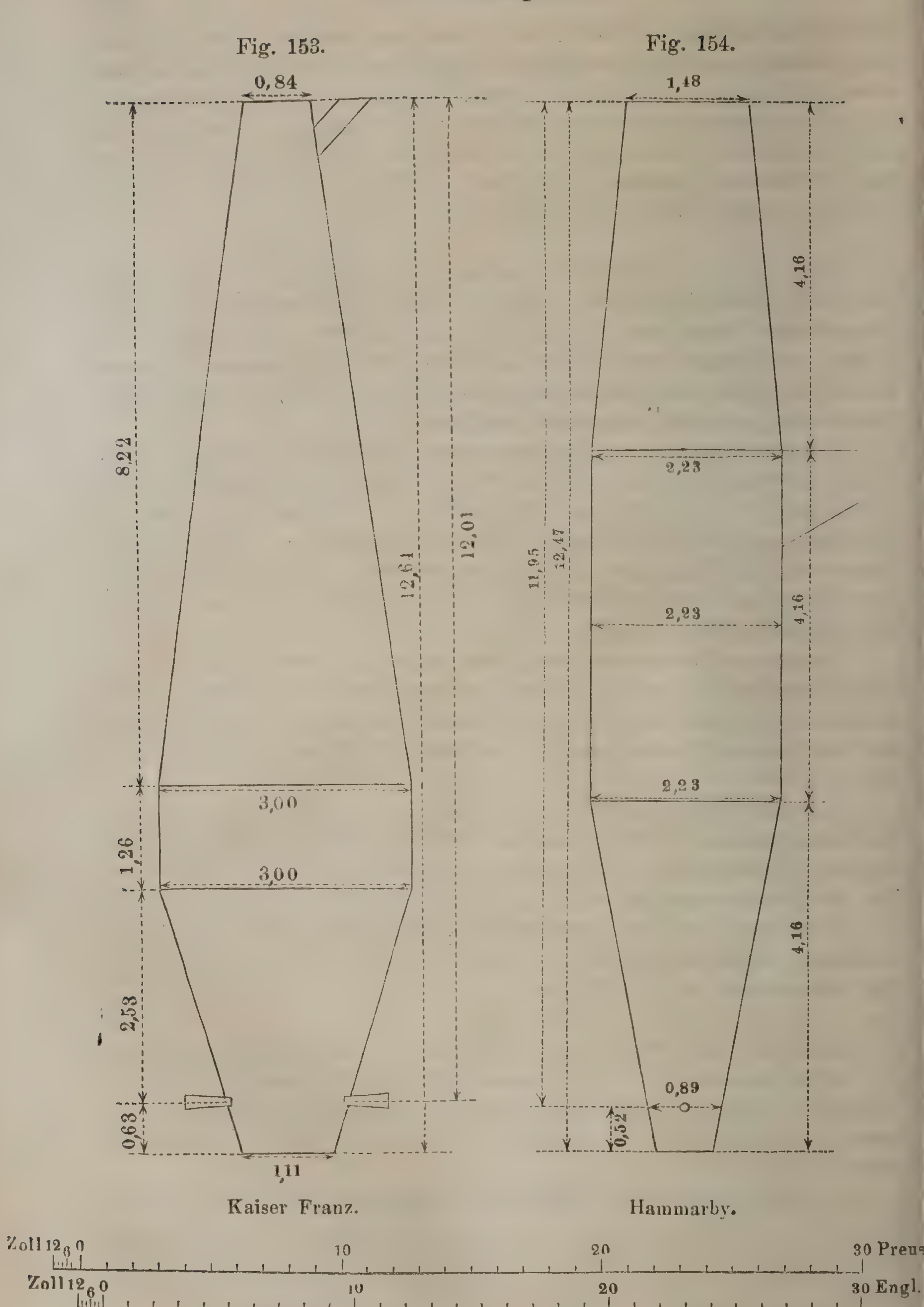
Tunner schliesst aus einer Vergleichung der sub V. und VI. mitgetheilten Analysen, dass die aus dem Spatheisenstein entwickelte Kohlensäure auf Kosten der umliegenden Holzkohle beinahe ganz in Kohlenoxyd umgewandelt werde, was bei der Kohlensäure des Kalksteines ebenfalls stattfinde.

Dass bei beiden Hochöfen die Reduction so ungemein tief, nämlich im Raume unterhalb des Kohlensackes vor sich geht, wird aus der verhältnissmässig grossen Weite des unteren Raumes erklärt. Aus dem Wachsen des Kohlensäuregehaltes und der Abnahme des Kohlenoxydgehaltes von den Formen aufwärts wird gefolgert, dass die Oxydation des Kohlenoxydgases durch die Eisenoxyde schneller vor sich gehe, als die Reduction der Kohlensäure durch die Kohle.

Tabelle VII. Mägdesprung (Harz). Die Untersuchungen von Heine geben zwar nur die Zusammensetzung des Gases in einer bestimmten Tiefe, sie haben aber insofern besonderes Interesse, als die untersuchten Gase bei verschiedenem Gange des Hochofens gesammelt worden sind.

Der Hochofen war 31 Fuss (9,73 Meter) hoch und hatte eine $3^1/_2$ Fuss (1,10 Meter) weite Gicht, auf welcher sich ein Winderhitzungs-Apparat befand. Hochofengase, welche zum Puddeln verwendet werden sollten, wurden im Schachte nach der Fabre du Faur'schen Methode [1])

[1]) Vergl. das Capitel über Gichtgasfänge.


Fig. 153.
Fig. 154.
0,84
8,22
3,00
1,26
3,00
2,53
0,63
1,11
12,61
12,01
1,48
4,16
2,23
11,95
12,47
2,23
4,16
2,23
4,16
0,89
0,52
Kaiser Franz.
Hammarby.
Zoll 12 6 0
10
20
30 Preuss
Zoll 12 6 0
10
20
30 Engl.
Decimeter
10 5 0
1
2
3
4
5
6
7
8
Meter
9

gefangen. Es wurde Spatheisenstein, Sphärosiderit, Roth- und Brauneisenstein mit Zuschlag von Frischschlacken bei harten Laubholzkohlen verschmolzen.

Tabelle VIII. Hammarby (Schweden). Der Hochofen zu Hammarby hat die in Skizze Fig. 154 verzeichneten Dimensionen. Die drei Formen sind 22,7 Linien (0,049 Meter) weit, die beiden Seitendüsen haben 19,9 Linien (0,043 Meter), die Rückdüse 18,5 Linien (0,040 Meter) Weite. Der Abzug für die Gase, welche zur Erhitzung des Windes und zum Rösten der Eisenerze benutzt werden, liegt mit der Oberkante 13,24 Fuss (4,16 Meter) unter der Gicht.

Auf 6 Tonnen Holzkohle = 32,7 Cbkf. (1,011 Cubikmeter) = 316,4 Pfd. (158,2 Kilogrm.) wurden aufgegeben

3,40 Ctr.	(170 Kilogrm.)	quarziger Eisenglanz von . . 44	Proc. Eisen
2,38 „	(119 „)	Magneteisenstein von . . . 50	„ „
0,42 „	(21 „)	Magneteisenstein von . . . 56	„ „
1,53 „	(76,5 „)	dolomitartiger Kalkstein.	

Es gingen in 24 Stunden 48 bis 49 Gichten nieder. Die Beschickung lieferte 39,6 Proc. Roheisen, halb weiss und halb grau. Der Wind war auf 200° C. erhitzt und hatte 20,4 bis 23,1 Linien (0,044 bis 0,050 Meter) Quecksilber Pressung.

Durch eine Berechnung, auf welche wir weiter unten zurückkommen werden, gelangt Rinmann zu dem Schlusse, dass in dem Gase der Gicht 17,1 Vol. Sauerstoff auf 100 Vol. Stickstoff diejenige Menge Sauerstoff repräsentiren, welche nicht vom Gebläsewind herrührt, dass vom Gebläsewind dagegen die übrigen 27,5 Vol. stammen, welche mit 27,5 Vol. Kohlenstoff Kohlenoxyd gebildet haben, und dass von dem Kohlenstoff der Kohlen demnach 87,5 Proc. nach Umwandlung in Kohlenoxyd, 6,8 Proc. direct zur Reduction der Eisenerze [1]), die übrigen 5,7 Proc. zur Kohlung des Eisens verwendet würden.

Von den 17,1 Vol. Sauerstoff der Gichtgase, welche aus der Beschickung stammen, kommen 4,3 Vol. aus der Kohlensäure des Kalksteins, 0,9 Vol. aus der in den Kohlen enthaltenen Kohlensäure und 0,3 Vol. aus dem darin enthaltenen Kohlenoxydgas (da die Holzkohlen nie reiner Kohlenstoff sind), 11,6 Vol. aus den Erzen.

Das Gasgemenge aus dem Canal, welcher zu dem Röstofen führt, entspricht nach Rinman einer tieferen Stelle des Ofenschachtes als der, aus welcher es entnommen. Das Gas enthält nämlich 20,3 Vol. Kohlensäure und 38,8 Vol. Kohlenoxyd auf 100 Vol. Stickstoff. Da das Gas vor den Formen 55 Vol. Kohlenoxyd enthält, so sind 16,2 Vol. durch Reduc-

---

[1]) Es ist hierbei gleichgültig, ob man sich vorstellt, dass diese Kohle das Erz unmittelbar durch Berührung reducire, oder dass ein Theil der durch Reduction der Erze gebildeten Kohlensäure in den tieferen Ofentheilen durch Aufnahme von Kohlenstoff in Kohlenoxyd umgewandelt sei und dass dieses die Reduction bewirkt habe.

tion der Erze entstanden und in Kohlensäure übergegangen. Die übrigen 20,3 — 16,2 = 4,1 Vol. Kohlensäure rühren vom Kalkstein und der directen Erzreduction durch Kohle her. Die beiden letzteren Vorgänge hätten aber, da man sie hier als abgeschlossen betrachten kann, 4,3 + 4,4 = 8,7 Vol. Kohlensäure geben müssen, folglich ist anzunehmen, dass die Gase aus tieferen Regionen stammen.

Tabelle IX. Forssjö (Schweden). Der Hochofen zu Forssjö hatte die Dimensionen der Skizze Fig. 155. Die beiden Formen hatten 28,3 Linien (0,062 Meter), die beiden Düsen 25,6 Linien (0,056 Meter) Durchmesser. Die Gase zur Erhitzung des Windes wurden etwas höher als die zum Rösten entzogen, letztere $14\frac{1}{2}$ Fuss (4,5 Meter) unter der Gicht.

Auf 8 Tonnen (43,2 Cbkf., 1,336 Cbk-Meter) = 401,4 Pfd. (200,7 Kilogrm.) Holzkohlen wurden 7,23 Ctr. (361,5 Kilogrm.) quarziger Magneteisenstein und 1,19 Ctr. (59,5 Kilogrm.) Kalkstein gesetzt.

Der Gebläsewind war auf 170° C. erhitzt und hatte eine Pressung von 16,3 bis 17,7 Linien (0,035 bis 0,038 Meter) Quecksilber.

In 24 Stunden wurden 112,3 Gichten gesetzt. Die Beschickung lieferte 44,4 Proc. halbirtes Roheisen.

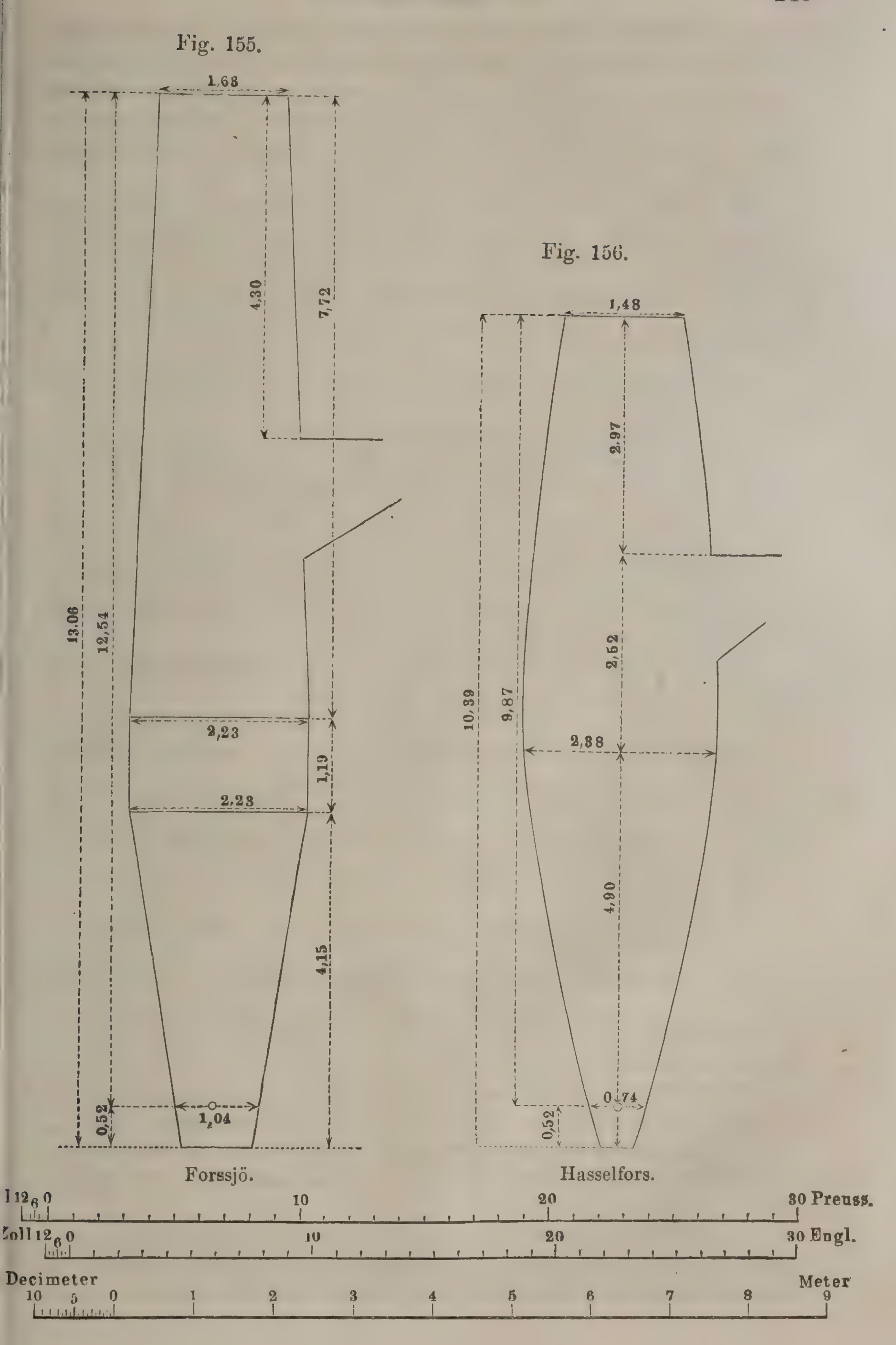
Rinman's Berechnungen zeigen, dass auch hier die Gasprobe aus 1,34 Meter Tiefe nicht alle aus der Kohle, Beschickung und Gebläseluft stammenden Bestandtheile angiebt, da der Gebläsewind 1 Vol. Wassergas, also 26,5 + 0,5 = 27 Vol. Sauerstoff auf 100 Vol. Stickstoff in den Ofen führt, das Erz aus jedem Satze 160 Pfd. Sauerstoff, der Kalkstein 43 Pfd. Kohlensäure = 12 Pfd. Kohlenstoff und 31 Pfd. Sauerstoff liefert, und die Kohle, ehe sie verbrennt, an flüchtigen Gasen 6 Pfd. Kohlenstoff und 13 Pfd. Sauerstoff abgiebt, während das Roheisen von jedem Satze 19,8 Pfd. Kohlenstoff aufnimmt. Er schliesst daher, dass die Gasprobe in Folge der Entnahme aus der Mitte des Ofens vermittelst Röhren der Zusammensetzung tieferer Schichten entspreche.

Im Uebrigen spricht die ziemlich gleichmässige Abnahme der Gase an Kohlenstoff und Sauerstoff von der Gicht nach abwärts für die relative Richtigkeit der Gasproben.

Die Gasprobe aus 2,58 Meter Tiefe zeigt einen so hohen relativen Stickstoffgehalt, dass man annehmen kann, es sei zu der Zeit ein Theil des Sauerstoffs der Luft oder der Erze in die Schlacke gegangen (d. h. Rohgang eingetreten).

Die weiteren Proben ergeben, dass in der Zone von 3,86 Meter bis 6,23 Meter Tiefe mindestens 7 Proc. des Erzes, bis zu der Tiefe von 33,8 Fuss bereits $\frac{1}{3}$ der ganzen Erzmasse reducirt worden sei. Zur gesammten Erzreduction wurden nahezu 14 Proc. des ganzen Kohlensatzes verwendet.

Tabelle X. Hasselfors (Schweden). Die Dimensionen des Hochofens von Hasselfors werden durch die Skizze Fig. 156 veranschaulicht.


Fig. 155.
1,68
4,30
7,72
13,06
12,54
2,23
1,19
2,23
4,15
0,52
1,04
Forssjö.
Fig. 156.
1,48
2,97
2,52
10,39
9,87
2,38
4,90
0,74
0,52
Hasselfors.
12 6 0 10 20 30 Preuss.
Zoll 12 6 0 10 20 30 Engl.
Decimeter
10 5 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
Meter

Der obere Theil des Schachtes ist konisch, unter dem weitesten Querschnitte, dem Kohlensack, schliesst sich durch einen bogenförmigen Theil das Gestell an, welches bis in die Nähe der Form kreisförmig ist, dort aber einen etwas ovalen Querschnitt hat, so dass die Seitenformen von einander 2 Fuss $5^1/_2$ Zoll (0,772 Meter), die Rückenform von der Brust aber 2 Fuss 10 Zoll (0,891 Meter) entfernt ist.

Die Rückenform hatte 21,9 Linien (0,048 Meter), die Seitenformen 25,6 und 27,2 Linien (0,056 und 0,059 Meter) Dtr., die entsprechenden Düsen 19,1, 23,1 und 23,1 Linien (0,042, 0,050 und 0,050 Meter) Durchmesser. Die Gasabführung für den Röstofen liegt 9 Fuss $5^1/_2$ Zoll (2,969 Meter), die für den Winderhitzungs-Apparat 5 Fuss $8^1/_{12}$ Zoll (1,781 Meter) unter der Gicht.

Auf 8 Tonnen (43,2 Cbkf., 1,336 Cbkm.) = 394,4 Pfd. (197,2 Kilogrm.) Holzkohlen kamen

2,72 Ctr.	(136 Kilogrm.)	quarziger Eisenglanz mit	45,8 Proc. Eisen
6,63 „	(331,5 „)	Magneteisenstein mit	47,7 „ „
1,53 „	(76,5 „)	mangan- und kalkhaltiges Erz mit	23,3 „ „
0,17 „	(8,5 „)	Kalkstein.	

In 24 Stunden gingen 30 solcher Gichten nieder und lieferten 45,5 Proc. weisses, in der Mitte mit grauen Körnern versehenes Roheisen. Der Wind hatte eine Temperatur von 200° C. und eine Pressung von circa 14,3 Linien (0,031 Meter) Quecksilber.

Nach Rinman's Berechnungen sind die Gase von 0,59 Meter einer grösseren Tiefe von etwa 2,5 Meter zuzurechnen.

Die Gase aus 1,78 Meter Tiefe enthalten 19,1 Vol. Sauerstoff auf 100 Vol. Stickstoff mehr, als der Gebläsewind, was dem aus Erzen, Kalkstein und Kohle vergaseten Sauerstoff so weit entspricht, dass diese Gase als ziemlich genau dem Gasgemenge der höchsten Ofentheile entsprechend angesehen werden können. Durch Rechnung findet man, dass circa 16 Proc. der ganzen Kohlenmasse zur directen Reduction des Erzes verbraucht werden.

Die Gase aus den Leitungen zeigen, dass über dieser Tiefe 41 bis 47, unterhalb derselben 53 bis 59 Proc. Erze reducirt wurden, und dass von dem zur directen Reduction verwendeten Kohlenstoff über dieser Tiefe 38 bis 48, unter derselben 52 bis 62 Proc. verbraucht worden sind. Hiernach kann man nach Rinman die Gase als der halben Höhe des Ofens entsprechend ansehen.

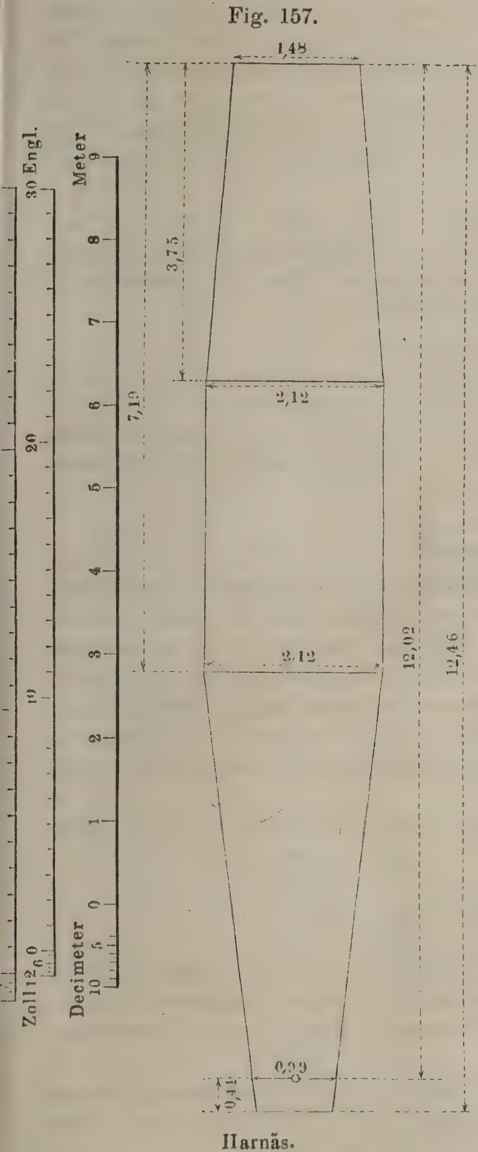
Bis zu 6,65 Meter Tiefe wurden nach der Zusammensetzung der Gase $^4/_5$ der Erzmasse reducirt. Da aber die Gase bei 8,94 Meter Tiefe nur $^3/_4$ der Erzmasse als reducirt nachweisen, so liegt hierin der Beweis einer ungleichförmigen Reduction zu den verschiedenen Zeiten der Gasentnahme.

Die Gasanalysen der drei zuletzt genannten Hochöfen zeigen, dass bereits in der oberen Ofenhöhe ein bedeutender Erztheil auf Kosten des Kohlenstoffs reducirt werden und sich daselbst ein bedeutender Theil des

Kalksteins brennen kann. Es scheint, dass diese Resultate um so deutlicher hervortreten, je geringer der Erzsatz im Verhältniss zu dem Kohlengewichte ist.

Tabelle XI. Harnäs (Schweden). Die Dimensionen dieses Ofens sind in Fig. 157 dargestellt. Der Ofen hatte drei Formen von je 0,05 Meter Durchmesser. Das Gas wurde vermittelst eines in die Gicht gehängten Cylinders entzogen, welcher 1,92 Meter in die Gicht hineinreichte und die Fortsetzung der unteren Ofenwände bildete, während zwischen demselben und dem Kernschacht ein ringförmiger Raum von 0,15 Meter Weite blieb.

Fig. 157.



Harnäs.

Das Gas hatte am Cylinder eine Pressung von 0,010 bis 0,012 Meter Wassersäule.

Auf 1,32 Cubikmeter Holzkohle = 190 Kilogrm. wurden 447 Kilogrm. gerösteter Magneteisenstein gesetzt, welcher 53 Proc. (weisses und graues) Roheisen gab. Das Erz enthielt 85 Kilogrm. Sauerstoff pro Satz. Man verbrauchte 59,4 Cubikmeter Wind in 24 Stunden mit einer Pressung von 0,043 Meter Quecksilber und einer Temperatur von 75° C.

Die Windpressung war bei der dritten Versuchsreihe auf 52 Millimeter Quecksilber verstärkt worden.

Diese Untersuchungen haben besondere Wichtigkeit dadurch, dass die Gase in derselben Tiefe aus verschiedenen Theilen des Ofenraumes entnommen wurden. Es geschah dies vermittelst eiserner durch das Gemäuer des Ofens eingeschobener Röhren.

Die Proben jeder Reihe wurden ausserdem durch eben so viel

Personen zu derselben Zeit genommen. Man hat somit hier die höchste Vollkommenheit zu erreichen gesucht, welche überhaupt möglich ist, und da ausserdem die Abwesenheit jedes Zuschlagkalkes und der daraus entwickelten Kohlensäure die Resultate nicht verdunkelt, so kann auf dieselben vielleicht mehr Werth gelegt werden, als auf alle übrigen.

Rinman kam zu dem Schluss, dass das Gas an den Wänden gleichsam als ein Magazin reducirender Bestandtheile angesehen werden könne, aus welchem sich der Gasstrom in der Mitte versorgt. Nach seiner Berechnung liefert der Wind pro Satz 162 Kilogrm. Sauerstoff (26,5 Vol. Sauerstoff auf 100 Vol. Stickstoff vorausgesetzt). Mithin haben die Kohlen bei der Tiefe von 1,92 Meter die Hälfte ihrer gasförmigen Bestandtheile verloren. Für directe Reduction sind 20 Kilogrm. Kohlenstoff pro Satz verwendet.

In den Tabellen XI A, B und C sind die Zahlen unter 2, 3 und 4, wie in den vorhergehenden Tabellen nach denjenigen unter 1 berechnet. Rinman selbst giebt etwas abweichende Ziffern an, namentlich in Tabelle XI A. Rubrik V. auf 100 Vol. Stickstoff

1,95 Kohlensäure,
52,00 Kohlenoxyd,
1,25 Wasserstoff,

und in Folge dessen auch einen positiven statt einen negativen Sauerstoffüberschuss; sowie in Tabelle XI C. Rubrik V. auf 100 Vol. Stickstoff

1,60 Kohlensäure,
51,15 Kohlenoxyd,
0,85 Wasserstoff;

und erläutert diese Differenzen dadurch, dass von den unter 1 gegebenen Resultaten eine gewisse Menge atmosphärischer Luft in Abzug gebracht werden müsse, welche wahrscheinlich beim Zuschmelzen in die zur Aufsammlung des Gases dienenden Glasröhren eingedrungen sei. Die Schwierigkeit, die in dieser tiefen Ofenzone unter hohem Drucke stehenden Gase aufzufangen, und die Nothwendigkeit, alle Oeffnungen nur mit feuchtem Thone verschlossen zu halten, entschuldigt hierbei hinlänglich die Gehülfen Rinman's.

In der Tabelle A zu Seite 273 sind die Mittel aus den drei Beobachtungen zusammengestellt.

b. Mit Holzkohlen und rohem Holze.

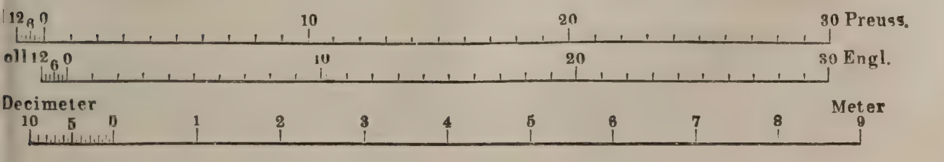
Tabelle XII. Audincourt (Frankreich). Die beiden Figuren 158 und 159 zeigen die Dimensionen des Hochofens zu Audincourt. Fig. 158 stellt einen Querschnitt durch den Vorheerd, Fig. 159 einen Querschnitt durch die Form dar.

Der Hochofen arbeitete mit Wind von 250° C. und einer Pressung von 0,070 bis 0,074 Meter Quecksilber. Die Düse hatte einen Querschnitt von 32 Quadratcentimetern. Jeder Satz bestand aus

Fig. 158.

Fig. 159.

Audincourt.



92	Kilogrm.	Holzkohle,
115	„	Holz, welches in Stücke von 0,15 Meter Länge geschnitten war,
18	„	Bränden (d. h. halb verkohltem Holze),
33	„	Kalkstein,
77	„	Frischschlacken,
90	„	kalkigen Erzen,
168	„	Bohnerzen.

Der vierte Theil der Holzkohlen wurde von Zeit zu Zeit durch Hinzufügung eines Drittels des obigen Gewichtes an Holz ersetzt; dann wurde der Ofengang hitziger und nach 8 bis 10 Tagen ging man wieder auf den früheren Satz zurück. Es wurde nur weisses Frischereiroheisen dargestellt. Aus jeder Charge erfolgten 114,2 Kilogrm. Roheisen.

Die Beschickung enthielt durchschnittlich

Wasser	9,7	Proc.
Kohlensauren Kalk	22,0	„
Eisenoxyd	26,5	„
Eisenoxydul	15,5	„
Manganoxyd	0,9	„
Kieselsäure	20,0	„
Thonerde	5,4	„
	100,0	Proc.

oder

Metallisches Eisen		30,4	Proc.
Flüchtige Substanzen = 31,0 Proc.	Sauerstoff	11,6	„
	Wasserstoff	9,7	„
	Kohlensäure	9,7	„
Feste Substanzen = 38,6 Proc.	Kieselsäure	20,0	„
	Thonerde	5,4	„
	Kalk	12,3	„
	Manganoxydul	0,9	„
		100,0	Proc.

Die Temperatur war in allen höheren Regionen des Ofens sehr niedrig, so dass Holzstücke bei $1^3/_4$stündigem Verweilen in einer Tiefe von 3 Metern beim Herausnehmen genau dasselbe Aussehen zeigten, als beim Hineinstecken; Holz dagegen, welches $3^1/_4$ Stunde in einer Tiefe von 4 Metern verweilt hatte, war vollständig verkohlt. Die Gasanalysen zeigen ebenfalls, dass sich zwischen 3 und 4,33 Meter Tiefe das Wasser mit den übrigen Destillationsproducten des Holzes entfernt. Die Gase wurden in ähnlicher Weise aufgefangen, wie bei den von Ebelmen am Hochofen zu Clerval angestellten Versuchen.

In der Höhe der Form wurden mehrere Gasproben aus verschiedenen Theilen des Ofens entnommen, deren Resultate in der folgenden Tabelle in Volumprocenten zusammengestellt sind:

	a	b	c	d	e
Kohlensäure . . .	0,0	0,0	3,37	6,34	2,61
Kohlenoxyd . . .	48,52	47,08	—	—	29,05
Wasserstoff	0,90	1,30	—	—	1,06
Stickstoff	50,58	51,62	79,20	79,20	67,28
Sauerstoff	—	—	17,43	14,46	—

Gas *a* ist aus der der Form gegenüberliegenden Seite, *b* von der Rückwand entnommen, *c* und *d* von der Form selbst und zwar *c* durch Einführung eines Rohres auf 0,10 Meter und *d* ebenso durch Einführung eines Rohres auf 0,15 Meter Tiefe durch die Form, *e* endlich durch Einführung eines Rohres unmittelbar neben der Form.

Das Gas Nro. II. enthielt eine grosse Menge der Destillationsproducte des Holzes, während bei Nro. III. weder Wasser noch Theer in den Glasröhren abgesetzt wurde. Gas Nro. VIII. brannte mit weisser Flamme und hatte denselben unangenehmen Geruch wie das aus der Rast des Ofens von Clerval. Die Gase aus höheren Regionen brannten mit blauer Flamme.

B. Hochöfen mit Koks betrieben.

Tabelle XIII. Vienne (Frankreich). Der Hochofen zu Vienne hatte die Dimensionen der Fig. 160 (a. f. S.). Der Hochofen wurde durch zwei Düsen von 0,061 Meter Durchmesser und Formen von 0,067 Meter Durchmesser mit Wind von 220 bis 250° C. und 0,04 Meter Quecksilber Pressung versorgt.

Die Gicht war zusammengesetzt aus

232,0 Kilogrm. Koks,
112,5 „ geröstetem Spath- und Brauneisenstein (Voulte),
125,0 „ rohem oolithischem Brauneisenstein (St. Quentin),
25,0 „ Bohnerzen (Autrey),
12,5 „ Kalkstein.

Auf 100 Kilogrm. graues Giessereiroheisen wurden verbraucht

285 Kilogrm. Koks,
344,09 „ Erz,
25,33 „ Kalkstein.

In 24 Stunden gingen 53 Gichten durch. Das Gas wurde durch drei Oeffnungen 1 Meter unterhalb der Gicht abgefangen und zur Winderhitzung benutzt. Das Gas Nr. II. ward an dieser Stelle entnommen.

Aus einem Vergleich dieser Resultate mit den Analysen der Holzkohlenhochöfen schliesst Ebelmen, dass die Verschiedenheit beider sich

wesentlich in der oberen Hälfte des Hochofens kundgebe, da bei den Holzkohlenöfen die Reduction hauptsächlich in der untersten Abtheilung der oberen Ofenhälfte, bei den Koksöfen dagegen in der obersten Abtheilung derselben verlaufe. Der Autor schreibt dies den verschiedenen Temperaturen zu, welche in denselben Zonen bei Anwendung von Koks oder Holzkohlen herrschen.

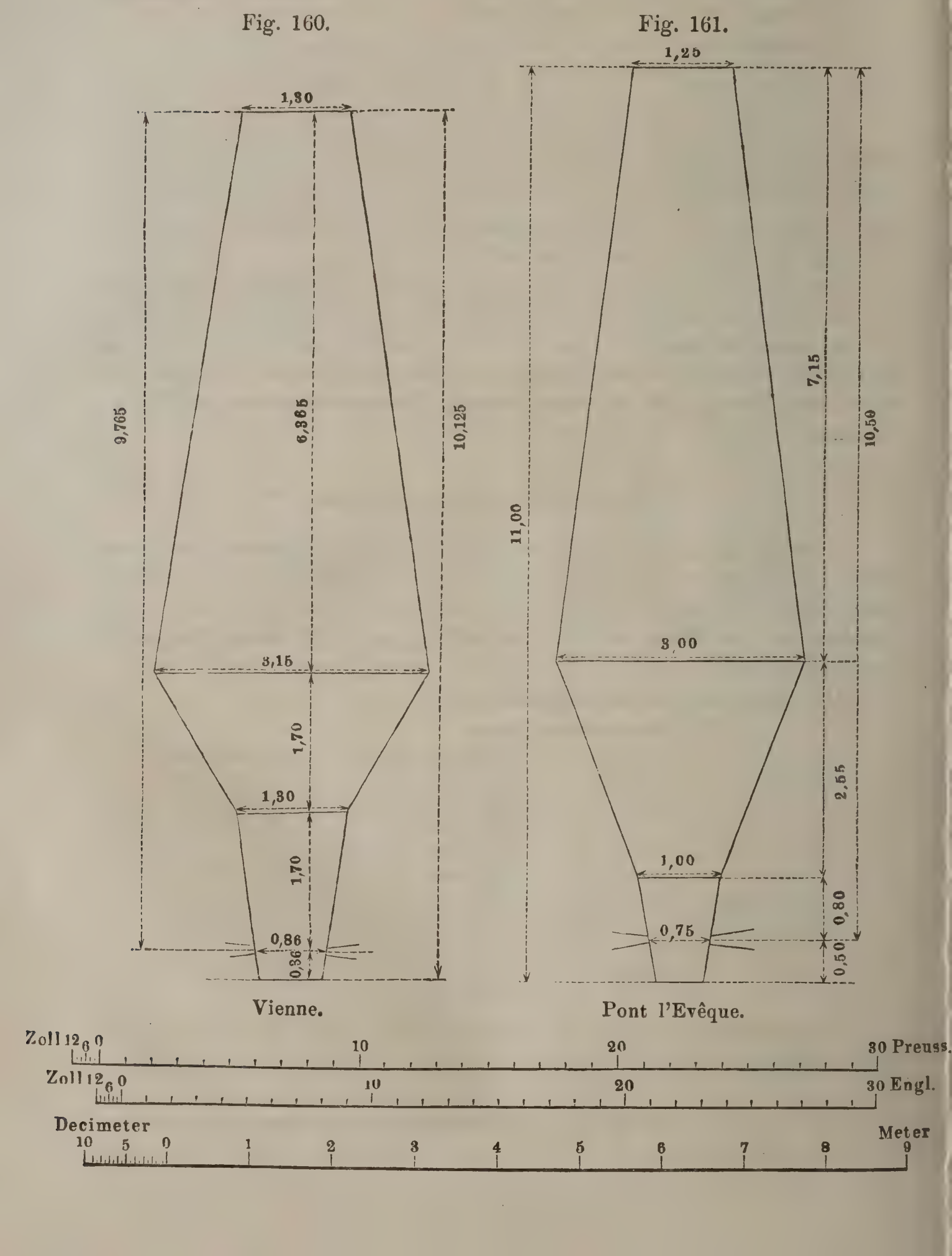


Fig. 160. Vienne.

Fig. 161. Pont l'Evêque.

Tabelle XIV. Pont l'Evêque (Frankreich). Der Hochofen zu Pont l'Evêque hatte die Dimensionen von Fig. 161. Er wurde durch zwei Düsen von 0,067 Meter Diameter und Formen von 0,072 Meter Diameter mit Wind von 130° C. und 0,026 bis 0,030 Meter Quecksilber Pressung gespeist.

Die Gase, welche theils zur Winderhitzung, theils zum Feinen des Eisens benutzt wurden, entzog man 3,65 Meter tief unter der Gicht.

Die Gicht bestand aus

253 Kilogrm. Erz (meist geröstetem oolithischem Brauneisenstein von St. Quentin),
150 „ Koks

und lieferte 75 Kilogrm. oder 30 Proc. Roheisen.

In 24 Stunden gingen 48 Gichten durch.

Man suchte in den Gasen nach Schwefel, konnte aber nur unbestimmbare Mengen davon nachweisen. Ebelmen spricht die Vermuthung aus, dass nur in der Nähe der Formen der Schwefel durch Zersetzung als Schwefelwasserstoff, in höheren Regionen aber nur als Schwefelkohlenstoff auftritt.

Tabelle XV. Seraing (Belgien). Das Gas des mit Koks betriebenen Hochofens Nro. 6 zu Seraing bei Lüttig wurde im September 1848 entnommen. Die Dimensionen des Ofens waren die von Fig. 162 [1]) (a. f. S.). Der Ofen hatte zwei Formen. Es wurden pr. Minute 122 Cubikmeter Luft, von 0,05 Meter Quecksilber und einer Temperatur von 100° C. eingeblasen.

Die Gicht bestand aus

650 Kilogrm. rohem Erz,
650 „ Schweissofenschlacken,
450 „ Kalkstein,
800 „ (= 2 Cubikmeter) Koks.

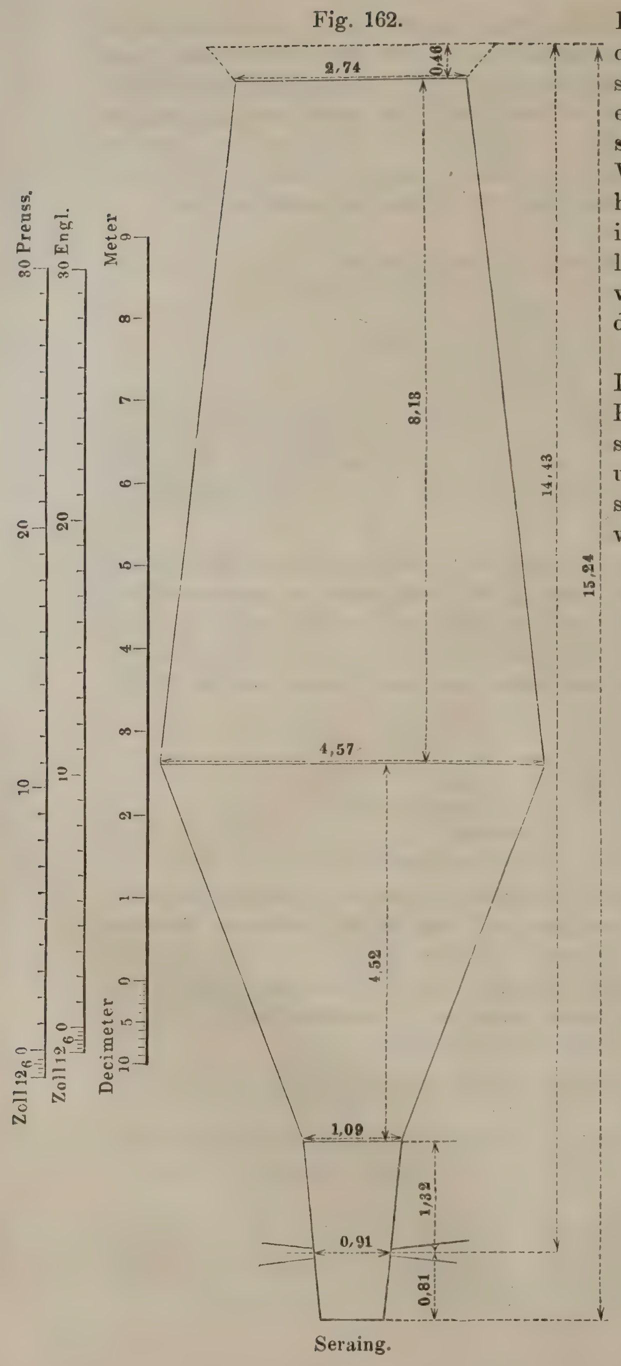
Alle 12 Stunden wurden 8500 Kilogrm. weisses, schwach krystallinisches, ohne weitere Vorbereitung zum Verpuddeln geeignetes Roheisen abgestochen. Die Erze enthielten 42 Proc. Eisen. Auf 100 Kilogrm. Roheisen wurden 150 Kilogrm. Koks mit 133 Proc. Kohlenstoff verbraucht. Betrieb man den Ofen auf graues Roheisen, so verbrauchte man 180 bis 200 Kilogrm. Koks auf 100 Kilogrm. Roheisen.

Das Gas Nro. VIII. wurde aus einer Oeffnung in dem Ofengemäuer erhalten, alle anderen Gase sammelte man vermittelst eiserner, durch die Gicht eingesenkter Röhren von 0,03 Meter Durchmesser. Das Gas Nro. IV. entzündete sich freiwillig an der Luft und brannte mit bläulicher Flamme.

---

[1]) Das Original, Annal. des mines, IV. sér. t. XIX. giebt als Gesammthöhe des Ofens = 50 Fuss engl. oder 15,239 Meter an, während die Summe der ebendaselbst aufgeführten Einzelndimensionen nur 48 Fuss 6 Zoll engl. beträgt. Man kann annehmen, dass sich auf der Gicht noch ein Schüttkranz von 1 Fuss 6 Zoll befunden habe, welcher bald in Rechnung gezogen, bald ausser Rechnung gelassen worden ist.

Fig. 162.



Seraing.

Das Gas Nro. VIII., welches durch den Tümpelstein gezogen worden war, entwickelte reichlich weissen Rauch, welcher nach Valerius Cyankalium enthielt. Ebelmen konnte in diesem Gase weder Kohlensäure, noch Schwefelwasserstoff, noch Cyan entdecken.

Die Koks enthielten im Durchschnitt 91 Procent Kohlenstoff, 3 Proc. Wasser und flüchtige Producte und 6 Proc. Asche. Die Zusammensetzung der Gicht war folgende:

	Kilogrm.				Kilogrm.	
Koks	800	mit Kohlenstoff		. . . .	728	—
Kalkstein	450	Kohlensäure 200	mit	Kohlenstoff	54	—
		Kalk . . . 250		Sauerstoff	—	146
Erze und Schlacken	1300	Schlacke . 650	mit	Sauerstoff aus Oxydul	—	78
		Erze . . . 650		Sauerstoff aus Oxyd .	—	117
		Mithin Kohlenstoff			782	
		„ Sauerstoff				341

Ebelmen bemerkt, dass, wenn die Analysen der Gase von der Gicht des Ofens deren wirkliche mittlere Zusammensetzung darstellten, die soeben angegebenen Gewichtsmengen des Sauerstoffs und Kohlenstoffs in demselben Verhältniss stehen müssten, wie Kohlenstoff und Sauerstoff in jenen Gasen, wenn man von letzteren die dem Stickstoff der Luft entsprechende Menge abzieht.

Die Sauerstoffmenge in den analysirten Gichtgasen ist nun 45,0. Zieht man hiervon 26,5, d. h. die dem Stickstoffgehalt entsprechende Menge ab, so bleiben 18,5 und das Verhältniss zwischen Sauerstoff und Kohlenstoff ist also 18,5 : 35,2 dem Volumen und 18,5 : 26,4 dem Gewichte nach, d. h. etwa = 3 : 4, während es nach den oben gegebenen Ziffern unter 1 : 2 sein sollte. Ebelmen schliesst hieraus, dass die Analysen nicht die mittlere Zusammensetzung des Gasstromes an der Gicht ausdrückten. Der Querschnitt, in welchem das Gas entzogen wurde, betrug allerdings von dem Gesammtquerschnitt des Ofens an dieser Stelle nur 0,0001 und da die Geschwindigkeit der Gase an den Wänden und in der Mitte verschieden ist, wird auch die Zusammensetzung in den verschiedenen Theilen differiren. Anders war es bei den Gasanalysen von Clerval und Audincourt, wo das Verhältniss des Querschnitts = $^1/_{30}$ war und bei der Geschwindigkeit, mit welcher die Gase überall entwichen, eine grosse Verschiedenheit in der Zusammensetzung nicht angenommen werden konnte.

Der Experimentator kommt ferner zu dem Schlusse, dass die freien Oxyde des Eisens sich bereits in den oberen Theilen des Ofens, die an Kieselsäure gebundenen aber erst in den untersten Theilen, d. h. da reduciren, wo in Folge hoher Temperatur alle gebildete Kohlensäure sofort wieder in Kohlenoxyd übergeführt werde, eine Zone, welche bei den mit Koks betriebenen Hochöfen eine viel grössere Ausdehnung habe, als bei den mit Holzkohlen betriebenen. Ebenso liege die Zone der Reduction durch Kohlenoxyd (welches nicht wieder reducirt wird) viel höher bei ersteren, als bei letzteren, und ferner höher bei Anwendung kalten, als bei Anwendung warmen Windes.

In der Tabelle A zu Seite 273 sind die mittleren Zahlen eingeführt, wenn mehrere Untersuchungen aus derselben Tiefe vorlagen.

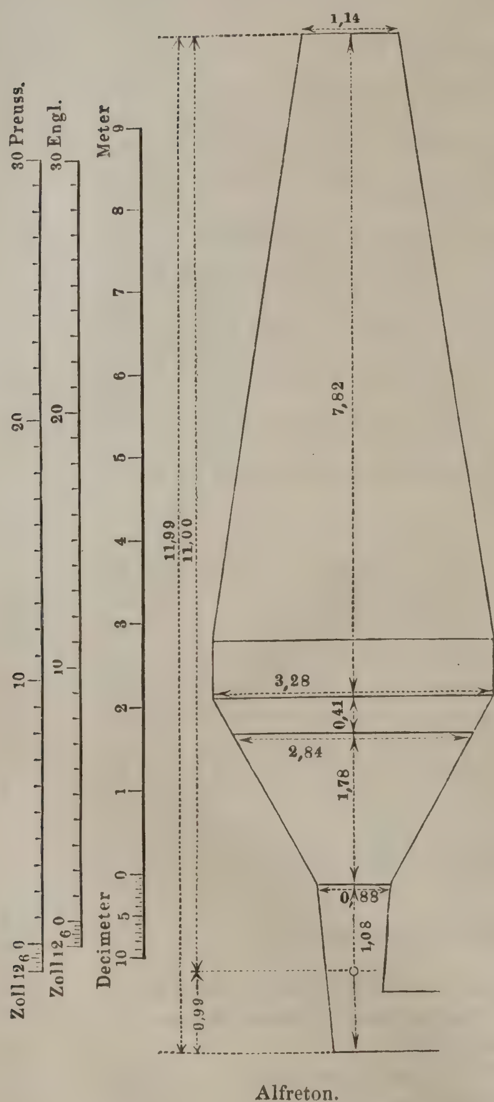
C. Hochofen mit Steinkohlen betrieben.

Tabelle XVI. Alfreton (England). Der Hochofen der Oakes-Eisenhütte zu Alfreton in Derbyshire, von welcher die Gase entnommen wurden, ist in Fig. 163 (a. f. S.) dargestellt.

Der Durchmesser der Düsen war 29,1 Linien (0,063 Meter), der Wind hatte eine Pressung von 6,55 Zoll (0,171 Meter) Quecksilber und eine Temperatur von 330° C. Das Brennmaterial bestand aus roher Kohle, welche nach der Verkokung etwa $67^1/_4$ Proc. Koks gab. Das Erz war gerösteter Sphärosiderit, der Zuschlag Kalkstein. Der letztere wurde in

faustgrosse Stücke zerkleinert, wogegen Kohle und Eisensteine in grossen Klumpen von oft mehr als 20 Pfd. aufgegeben wurden.

Fig. 163.



Alfreton.

Die Zusammensetzung von Kohle, geröstetem Erz und Kalkstein war folgende:

Kohle.

Kohlenstoff	74,98
Wasserstoff	4,73
Sauerstoff	10,01
Stickstoff	0,18
Wasser	7,49
Silicate	2,61
Kali	0,07
	100,07

Geröstetes Erz.

Kieselsäure	25,77
Eisenoxyd[1])	60,24
Thonerde	6,58
Kalk	3,51
Magnesia	3,19
Kali	0,71
Mangan	Spuren
	100,00

Kalkstein.

Kalk	54,4
Magnesia	0,6
Thonerde	0,8
Kohlensäure	42,9
Feuchtigkeit und Verlust	1,3
	100,0

Zu 100 Pfd. Roheisen waren 278,5 Pfd. Kohle, 300 Pfd. geröstetes Erz und 121,4 Pfd. Kalkstein erforderlich. In 24 Stunden wurden 32 630 Pfd. (16 315 Kilogrm.) Erze und 30 299 Pfd. (15149,5 Kilogrm.) Kohle durchgesetzt.

Die Gase wurden vermittelst eines Systems schmiedeiserner Röhren von $25^1/_4$ Fuss (7,924 Meter) Länge und $11^2/_3$ Linien (0,025 Meter) Durch-

---

[1]) Unter der allerdings nur theilweise richtigen Annahme, dass beim Rösten alles Oxydul in Oxyd übergegangen sei.

messer, welche man durch die Gicht einsenkte und deren einzelne 4 Fuss 10 Zoll (1,524 Meter) lange Stücke luftdicht mit einander verschraubt waren, aufgefangen. In der Schmelzzone, wo die Temperatur so hoch war, dass die Röhren schmolzen, musste man das Gas durch das Mauerwerk (den Tümpelstein) entziehen.

Das Gas Nro. I. hatte einen eigenthümlichen Geruch, verschieden von dem des Leuchtgases und mehr dem Acrolein gleich, brannte mit gelblich rother Flamme und zeigte keine braunen Theerdämpfe. Bevor das Gas Nro. II. gesammelt wurde, war das Gebläse eine Stunde lang ausser Thätigkeit gewesen, aber bereits wieder eine Zeit hindurch in ruhigem Gange. Flamme und Geruch dieses Gases glichen denen des vorigen. Es waren 14 Gichten gesetzt. Gas Nro. III. war von Theerdämpfen begleitet und hatte den Geruch nach Leuchtgas. Die Flamme war hellgelb und stark leuchtend. Es waren 23 Gichten gesetzt.

Das Gas Nro. IV. zeigte einen ammoniakalischen, theerähnlichen Geruch; Theerdämpfe waren sichtbar; die Flamme war gelb, aber nur schwach leuchtend. 26 Gichten waren gesetzt.

Das Gas Nro. V. hatte einen besonderen theerähnlichen Geruch; es zeigten sich aber keine Theerdämpfe, die Flamme war gelb und schwach leuchtend. 32 Gichten waren gesetzt.

Das Gas Nro. VI. hatte einen ammoniakalischen Geruch und brannte mit einer hellblauen Flamme, Theerdämpfe zeigten sich nicht. 38 Gichten waren gesetzt.

Das Gas Nro. VII. hatte einen schwachen, aber entschiedenen Geruch nach Cyan und brannte mit einer blassblauen Flamme ohne Leuchtkraft. Theerdämpfe zeigten sich nicht. 42 Gichten waren aufgegeben worden.

Das Gas Nro. VIII. hatte dieselben Eigenschaften wie Gas Nro. VII.

Das Gas Nro. IX. war 5 Fuss 10 Zoll (1,829 Meter) über dem Bodenstein und 2 Fuss 8 Zoll (0,838 Meter) über der Form gesammelt. Cyan gab sich durch den Geruch und die purpurrothe Farbe der Flamme kund. Wäre Sumpfgas an Stelle von Cyan gegenwärtig gewesen, so würde die Analyse folgende Daten gegeben haben:

Stickstoff	59,39
Kohlenoxyd	38,33
Sumpfgas	1,79
Wasserstoff	0,49
	100,00.

Aber es wurde angenommen, dass Sumpfgas in diesem Theile des Ofens nicht bestehen konnte, weil dasselbe nur aus der trockenen Destillation der Kohle hätte hervorgehen können, diese aber schon in höheren Zonen des Ofens vollendet sein musste. Indessen wurden ungefähr 9 Fuss $8^1/_2$ Zoll (3,048 Meter) über dem Bodenstein, also etwa 28 Fuss 2 Zoll (8,839 Meter) unter der Gicht des Ofens 2,33 Proc. Sumpfgas gefunden, und dies beweist, dass die Verkokung der Kohle selbst noch bei dieser Tiefe fortdauert. Die Annahme der Abwesenheit von Sumpfgas in dem

Gase Nro. IX. ist zwar sehr wahrscheinlich, aber keineswegs sicher. Immerhin darf man als bestimmt annehmen, dass, wenn Sumpfgas vorhanden ist, dies nicht etwa von Wasserzersetzung durch die glühende Kohle herrührt, denn Bunsen hat bewiesen, dass Sumpfgas sich niemals durch directe Verbindung von Wasserstoff mit Kohlenstoff bilden kann, noch durch Einwirkung von Wasserdampf auf glühende Kohle, bei welcher stets freier Wasserstoff entsteht.

Bunsen und Playfair zogen den Schluss, dass die Destillation der Kohle zwar bis über die Tiefe von 7,31 Meter hinabreichte, am energischsten aber bei einer Tiefe von 4,27 Meter gewesen sei, weil das Gasgemenge hier das Maximum von ölbildendem und Sumpfgas, sowie Wasserstoff zeigte. Sie bemerken, die Gegenwart von Theerdämpfen in der Tiefe von 4,27 Meter und selbst noch 5,18 Meter und deren Abwesenheit im oberen Theile des Ofens sei ein Beweis, dass dieselben eine Zersetzung bei ihrem Durchgange durch die darüber liegende rothglühende Kohle erlitten. Das in diesen Dämpfen enthaltene Wasser muss in ähnlicher Weise zersetzt werden, und diese Thatsache wird als Erklärung für die Unregelmässigkeit in den Verhältnissen zwischen Kohlensäure und Kohlenoxyd in den verschiedenen Ofentiefen angenommen.

Die auffallende Erscheinung, dass das Verhältniss des Sauerstoffs in den Gasen nach der Gicht hin im Abnehmen begriffen sei, erklären die Experimentatoren dadurch, dass die durch Destillation der Steinkohle entwickelten Gase nicht sogleich im Augenblicke, wo sie frei werden, sich gleichförmig mit der von den unteren Theilen des Ofens aufsteigenden Gassäule mengen, und das aufgefangene Gas daher leicht reicher an diesen Destillationsproducten sein kann.

Ferner wird aus den mitgetheilten Analysen der Schluss gezogen, dass bei den mit Steinkohlen und heissem Winde betriebenen Hochöfen die Reduction des Erzes und die Abscheidung der Kohlensäure aus dem Kalkstein erst in der Rast des Ofens vor sich gehe.

Vorkommen von Cyan [1]) im Hochofen.

Bereits im Jahre 1826 wurde von Berthier das Vorkommen von kohlensaurem Kali in den untersten und heissesten Theilen des Hochofens beobachtet [2]). Derselbe analysirte eine alkalische schlackige Substanz, welche sich Tag für Tag über dem Abstich der Hochöfen von Merthyr Tydvil in Süd-Wales absetzte, und welche die Arbeiter von Zeit zu Zeit sammelten, um daraus Lauge zu machen. Berthier beschreibt sie als zusammengesetzt aus kleinen, schlackenartigen, schwarzen, magnetischen Stücken, welche mit einer zerfliessenden, stark alkalischen Masse bekleidet waren und zwischen welchen sich warzige Schlackenkörner bemerken

---

[1]) Cyan besteht aus 46,15 Proc. Kohlenstoff und 53,85 Proc. Stickstoff. — [2]) Annal. des Mines I, S. 13. p. 101. 1826.

liessen. Die Substanz bestand aus 38,5 Proc. löslicher Salze und 61,5 Proc. unlöslichen Rückstandes und ergab folgende Zusammensetzung:

Lösliche Salze.	
Kohlensaures Kali	63
Schwefelsaures Kali	37
Kieselsäure	Spur
	100.

Weder Chlor noch Phosphorsäure wurden gefunden.

Unlöslicher Rückstand.	
Kieselsäure	34,3
Eisenoxydul	26,0
Thonerde	4,0
Kalk	5,2
Kali	20,5
Beigemengte Schlacke	10,0
	100,00.

Berthier schloss richtig, dass das Alkali aus dem Eisenstein (welcher in Sphärosiderit aus dem Kohlengebirge bestand) und aus der Asche der Koks stammt und nahm an, dass es zuerst in Verbindung mit der Schlacke trete, beim Vorübergang vor den Formen verflüchtigt werde und so aus dem Stichloch hervordringe. Berthier dachte nicht daran, die Substanz auf Cyan zu untersuchen, obwohl sie wahrscheinlich Cyankalium oder cyansaures Kali enthielt. Erst nach einer Reihe von Jahren wandte man von Neuem die Aufmerksamkeit auf diese Masse, welche sich ebenso an den schottischen Hochöfen zeigte und in ähnlicher Weise von den Arbeitern benutzt wurde.

1835 nahm John Dawes, früher zu Bromford-Eisenhütte bei Birmingham, ein Patent auf Verbesserungen bei der Eisenerzeugung, worin das Aufsammeln von Cyankalium aus Eisenhochöfen vermittelst einer nahe den Formen in den Ofen gesteckten Röhre eingeschlossen war[1]).

Die Bildung dieser Substanz konnte nicht auffallen, nachdem schon 1826 Desfosses das Factum veröffentlicht hatte, dass Cyankalium in sehr bedeutenden Mengen producirt würde, wenn Stickstoff über zur Rothglut erhitzte Holzkohle geleitet werde[2]). Man hatte zwar mancherlei Zweifel an der Wahrheit dieser Behauptung gehegt, weil, wie man meinte, die Holzkohle, mit der experimentirt worden war, nicht frei von Stickstoff gewesen zu sein brauche; aber mehrere Jahre später wiederholte Fownes das Experiment von Desfosses, ersetzte indessen dabei die Holzkohle durch Zuckerkohle, und da er trotzdem Cyankalium erhielt, so

[1]) A. D. 1835. Decemb. 9. Nro. 6948. Abridgements of Specifications relating to the Manufacture of Iron and Steel, p. 39. — [2]) Annal. de Chim. et de Phys. 38. p. 158. 1826. (Aus dem Journ. de Pharmacie t. XII.).

ward seitdem die ursprüngliche Angabe von Desfosses als zweifellos betrachtet.

1837 übersendete Thomas Clark auf dem Eisenwerke zu Clyde in Schottland an Professor Poggendorf zu Berlin einen Artikel, welchen letzterer in seinen Annalen für Physik und Chemie [1]) abdruckte und in dem sich folgende Mittheilungen über Cyankalium finden, welche vermuthlich im Zusammenhang mit dem Patente des J. Dawes stehen:

„Seit drei Jahren hat man an den mit heisser Luft gespeisten Hochöfen aus Rissen und in der Nähe der Formen ein Salz in flüssiger Gestalt ausschwitzen gesehen, welches klar und farblos, beim Erstarren undurchsichtig weiss wurde. Am reichlichsten kommt es nach einer sogenannten Reinigung (*scour*) des Ofens vor, d. h. nachdem bei leichten Gichten eine höhere Temperatur und Ablösung der an der Innenwand angesetzten Massen stattgefunden hat. Einmal konnte man eine ganze Schubkarre damit beladen."

„Das Product besteht aus Cyankalium, kohlensaurem Kali und etwas kohlensaurem Natron. Das Cyankalium beträgt zuweilen mehr als 66 Procent. In einer genau analysirten Probe fanden sich

53,7 Procent Cyankalium,
45,8 „ kohlensaures Kali."

Ein ähnliches Product, wenn auch in geringerer Menge, fand Clark an anderen schottischen Hochöfen, wo heisse Luft und Steinkohle als Brennmaterial benutzt wurden.

Man hatte es zum Reinigen der Wäsche benutzt, doch schlug Clark wegen seiner Giftigkeit die bessere Verwendung zur Blutlaugensalzfabrikation vor.

1842 veröffentlichten Zinken und Bromeis eine Notiz über das Vorkommen von Cyankalium in dem Eisenhochofen zu Mägdesprung, welcher ausgeblasen worden war und in welchem man während des Betriebes Holzkohlen als Brennmaterial gebraucht hatte [2]). Es wurde im Gestell eine Menge Holzkohle gefunden, welche mit metallischem Blei und Salzsubstanz imprägnirt war. Man liess die Substanz vier Monate in Wasser liegen, nach welcher Zeit sie ganz zersetzt war, eine gallertartige Masse mit vierseitigen tafelförmigen Krystallen bildete und stark nach Ammoniak roch.

Bromeis analysirte diese Masse und fand darin freies Kali, kohlensaures, kieselsaures, mangansaures und cyansaures Kali, Cyankalium und Eisencyankalium, welches letztere die erwähnten Krystalle bildet. Eine Analyse der letzteren ergab

---

[1]) XL, p. 315. — [2]) Ueber die Bildung von Cyanverbindungen in den Producten des Mägdesprunger Hochofens; vom Oberbergrath Zinken zu Mägdesprung und Dr. C. Bromeis zu Cassel, Poggend. Annal. 55. S. 89. 1842.

Eisen	= 12,10
Kalium	= 37,40
Cyan	= 37,30
Wasser	= 12,80.

Bromeis schloss, dass die Bildung des Cyans dadurch zu erklären sei, dass der Stickstoff der Luft, begünstigt durch Druck und äusserst hohe Temperatur, sich direct mit dem Kohlenstoff des gebildeten Kohlenkaliums vereinigt habe und dass so Cyan und Cyankalium gebildet worden seien.

1843 veröffentlichte Redtenbacher einen Bericht über die Bildung von Cyankalium in beträchtlicher Menge beim Hochofen zu Mariazell in Steiermark [1]). Derselbe war als Blauofen zugestellt und arbeitete mit heissem Winde, dessen Temperatur zuweilen auf 350° stieg. Man erhielt bei diesem Ofen drei Salze, welche als weisses, schwarzes und graues Salz bezeichnet wurden. In der Brust des Ofens befand sich ein Lichtloch, durch welches man während der Nacht die Flamme zur Erleuchtung der Hütte entweichen liess. Das weisse Salz sammelte sich unterhalb des Lichtloches, wo es zu Tropfen erstarrte. Das schwarze Salz wurde in den Röhren abgesetzt, welche das Gichtgas ableiteten, und erschien als das Resultat der Condensation eines blauen Dampfes, welcher aus der Gicht bei Anwendung heissen Gebläsewindes entwich. Das graue Salz fand sich über dem Lichtloche.

Das weisse Salz wurde, nachdem es in einem Porcellantiegel geschmolzen war, technisch zur galvanischen Vergoldung verwerthet. Es war eine hell-gelblich-röthliche, nierenförmige Salzmasse in steinartigen Tropfen. Die Analyse ergab kein Chlor, dagegen alle Eigenschaften einer Mischung von Cyankalium und cyansaurem Kali. Es war verunreinigt durch metallisches und kohlenstoffhaltiges Eisen, Holzkohlenpulver und kohlensaures Kali. Das schwarze sowohl als das graue Salz unterschied sich vom weissen nur durch grösseren Gehalt an fremder Substanz.

Bunsen und Playfair fanden, wie Seite 257 gezeigt wurde, einen beträchtlichen Gehalt an Cyan in den Gasen aus dem unteren Theile des mit rohen Steinkohlen betriebenen Alfreton-Hochofens; sie sammelten auch Cyankalium aus demselben Ofen in nicht unbedeutender Menge [2]), indem sie eine Oeffnung in die Brust des Ofens $2^2/_3$ Fuss (0,838 Meter) über dem Niveau der Formen bohrten. Gas strömte sofort aus. Zugleich drang eine stark leuchtende, gelbe, flatternde Flamme hervor, aus welcher sich eine weisse Rauchsäule erhob. Steckte man ein eisernes Rohr in diese Oeffnung nur so tief ein, dass es nicht bis in den Ofen hineinragte, so drangen die unter einer Pressung von mehreren Fussen Wassersäule ausströmenden flüchtigen Producte, mit einem weissen Sublimat von Cyan-

---

[1]) Annal. d. Chem. u. Pharm. 47. S. 150. 1843. — [2]) British-Assoc. Rep. ante cit. p. 182.

kalium reichlich beladen, hervor. Sie enthielten so viel von dem letzteren, dass besondere Vorkehrungen getroffen werden mussten, um Vergiftungen zu vermeiden. Obschon das Rohr über 21 Fuss (6,7 Meter) Länge hatte, so war doch die Menge des aus seiner Mündung in Gestalt eines Sublimates hervordringenden Cyankaliums so gross, dass davon in sehr kurzer Zeit Röhren von $^1/_8$ Zoll Durchmesser gefüllt wurden. Das freie Ende der Röhre wurde nun mit einer leeren Woulf'schen Flasche, diese mit einer zweiten Wasser enthaltenden verbunden, so dass das Gas eine Wassersäule von 4 Zoll Höhe zu durchdringen hatte. Die erste Flasche füllte sich schnell mit einem weissen Sublimat von trocknem Cyankalium, während das Wasser in dem zweiten eine ziemlich concentrirte Lösung desselben enthielt.

Man fand, dass je 359,4 Liter (11,62 Cubikfuss) 0,8944 Gramm (0,0018 Pfund) an Cyankalium enthielten und berechnete, dass annäherungsweise 100 Theile Steinkohle mindestens 0,778 Theile dieses Salzes hervorbrachten und in dem Alfreton-Ofen täglich mindestens 203,8 Pfd. (101,9 Kilogrm.) Cyankalium erzeugt wurden, da in 24 Stunden 28305 Pfd. (14152,5 Kilogrm.) Kohlen verbrannten.

Als man das eiserne Rohr aus dem Ofen zog, fand es sich mit einer Kruste von geschmolzenem Cyankalium, welches schnell an der Luft zerfloss, überzogen. Bei dem Eintauchen des Rohres in Wasser entwickelte sich eine beträchtliche Menge Wasserstoff, welche man der Gegenwart von Kalium oder dessen Verbindung mit Kohlenoxyd zuschrieb. Im Inneren des Rohres hatte sich drei- bis viermal so viel Cyankalium als in den Woulf'schen Flaschen condensirt. Der Ursprung des Kaliums liess sich leicht nachweisen: Sowohl das Eisenerz als die Kohle enthielt es, während der Zuschlagskalkstein frei davon war.

Was nun den Ursprung des Cyans anbetrifft, so nehmen Bunsen und Playfair an, dass, obschon Cyanammonium sich bekanntlich leicht beim Contacte von Ammoniak mit Kohlenstoff bei hoher Temperatur erzeugt, das Cyan dieser Reaction seinen Ursprung nicht verdanken könne, da die einzige Quelle des Ammoniaks (wenn man von der äusserst geringen Menge, welche durch die atmosphärische Luft eingeführt wird, absieht) in der Kohle liege, das Cyan aber nur in dem untersten und heissesten Theile des Hochofens gebildet werde.

„Es würde eine Ungereimtheit in sich schliessen, sagen sie, anzunehmen, dass die Kohlen, welche, ehe sie bis zu diesem Punkte gelangen, während einer Zeit von achtzig Stunden einer zuletzt sogar bis zur Reductionstemperatur des Kaliums sich steigernden Glühhitze ausgesetzt waren, auch nur die geringsten Spuren von Ammoniak noch auszugeben im Stande sein könnten." Sie gelangen daher zu dem Schlusse, dass der Stickstoff des eingeblasenen Windes sich direct mit dem Kohlenstoff bei Gegenwart von Kalium zu Cyan verbinde.

Die beiden Analytiker bewiesen durch directe Experimente, dass sich Cyankalium in reichlicher Menge bildet, wenn Stickstoff, frei von

jeder Spur Ammoniak, über eine Mischung von Zuckerkohle und chemisch reinem kohlensauren Kali geleitet wird. Die Temperatur muss hierbei starke Weissglühhitze sein, damit das Kali zu Kalium reducirt werden kann. Spätere Versuche von Rieken [1]) haben das vollkommen bestätigt.

Cyankalium wird von Bunsen und Playfair als ein wichtiges Agens für die Reduction des Eisenoxydes betrachtet. „Von grossem Einfluss auf die Rolle, welche dasselbe bei dem Reductionsprocesse des Eisens spielt, sagen sie, ist dessen Flüchtigkeit. In Dampfgestalt und als festes Sublimat gelangt es in die Zone der Reduction. Dort übt es seine bekannte reducirende Wirkung aus und wird in Stickstoff, Kohlensäure und kohlensaures Kali zerlegt, von denen die ersteren mit der aufsteigenden Gassäule zur Gicht gelangen, während das letztere nicht flüchtige Salz wieder mit den übrigen festen Substanzen im Ofen niedersinkt, um endlich von Neuem unter dem Einfluss von Kohlenstoff und Stickstoff in Cyankalium umgewandelt zu werden. Auf diese Weise kann eine grosse Menge Erz durch eine verhältnissmässig geringe Menge der regenerirten Cyanverbindung reducirt werden. Man wird die Wichtigkeit der bisher ganz übersehenen Rolle, welche das Cyankalium bei dem Hochofenprocesse spielt, ermessen können, wenn man erwägt, dass sich dieses kräftige Reductionsmittel nothwendigerweise im Ofen bis zu einer Menge anhäufen muss, welche nichts weniger als geringfügig ist. Der Querschnitt des Ofens, wo die höchste Temperatur herrscht, bildet nämlich eine Schranke, unter welche hinab das Cyankalium nicht eher in den tieferen Theil des Ofens gelangen kann, bis seine Masse durch das stets hinzukommende Kali der Ofenmaterialien so weit angewachsen ist, dass sich der noch ferner hinzukommende Ueberschuss an Cyankalium der Verflüchtigung entzieht. Was dann weiter noch an Cyankalium entsteht, gelangt in den tieferen Theil des Gestelles und verbrennt daselbst zu Kohlensäure, Stickstoff und kohlensaurem Kali, dessen Basis sich in der Schlacke wiederfindet. Da nun das Verhältniss des Stickstoffs zum Sauerstoff in den Gasen (vergl. S. 233 Tabelle XVI.) circa 2 Fuss über den Formen = 79,2 : 22,8 ist, wenn man den dem vorhandenen Wasserstoff entsprechenden Sauerstoff abgezogen hat, während, wenn das hier vorhandene Gas nur den dem Sauerstoff der Luft entsprechenden Stickstoff enthielte, das Verhältniss = 79,2 : 20,8 sein müsste, so folgt, dass diese Gase entweder einen von der Luft unabhängigen Sauerstoffgehalt aufgenommen haben müssen, oder dass ihnen ein Theil des Stickstoffs entzogen worden ist. Dass das Erstere nicht auf Kosten des im kohlensauren Kalk- oder Eisenstein enthaltenen Sauerstoffs der Fall gewesen sein kann, wird Niemand bezweifeln, der nur einmal die Temperatur zu beobachten Gelegenheit gehabt hat, mit welcher die Ofenmaterialien an den Punkt gelangen, wo dieses Gasgemenge auftritt. Schon der unmittelbare Augenschein lehrt, dass eine solche Erklärung eine durchaus irrige sein würde. Denn beob-

---

[1]) Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. 79, S. 77.

achtet man durch die Form die in den Heerd herabträufelnden flüssigen Ofenmaterialien, so bemerkt man darin keine Gasentwickelung, obgleich sich dieselben in unmittelbarer Nähe des Punktes befinden, wo die Sauerstoffvermehrung bereits stattgefunden hat. Das Kali, welches seinen Sauerstoff an den Kohlenstoff während seiner Umwandlung in Cyankalium abgiebt, nimmt für jedes Volumen verlorenen Sauerstoffs 2 Volum Stickstoff in der Form von Cyan auf und folglich muss das Verhältniss des Stickstoffs zum Sauerstoff wachsen.“

Die enge Begrenzung der Cyankalium enthaltenden Zone wird sich wenigstens nicht für alle Fälle bestätigen. Zunächst ist der Grund, aus welchem das Cyankalium im Falle einer grossen Anhäufung beim Niedergange der Verflüchtigung entgehen könne, nicht recht einleuchtend. Wenn nämlich, wie anzunehmen, die Verflüchtigung nur von der Temperatur abhängt, so muss, falls diese letztere zureichend ist, alles Cyankalium verflüchtigt werden, gleichgültig ob viel, ob wenig vorhanden ist. Dagegen darf man wohl als richtig annehmen, dass stets eine gewisse Menge Cyankalium mechanisch abwärts geführt und dann der Oxydation ausgesetzt werde.

Ebenso scheint das Cyankalium bei seinem Aufsteigen nicht selten lange Zeit der Zersetzung zu entgehen, ja sogar bis zur Gicht zu gelangen. Es wurde bereits die Beobachtung Redtenbacher's über das in den Leitungsröhren des Gichtgases am Hochofen zu Mariazell vorkommende Cyankalium enthaltende schwarze Salz mitgetheilt, und Scheerer[1]) schliesst ein höheres Vordringen des Cyankaliums aus Beobachtungen Müller's[2]), welcher fand, dass wenn man bei einem mit kaltem Winde betriebenen Hochofen die Temperatur des Windes plötzlich auf 250 bis 300° C. bringt, ein heftiges Qualmen des Tümpels und der Gicht erfolgt und die Flamme an der letzteren durch das Aufsteigen eines dichten, weissen Rauches ganz milchig erscheint. Dieser weisse Rauch legte sich an kalte Körper in Gestalt eines weissen Pulvers, in welchem nur Kali und Kohlensäure entdeckt werden konnten, und Scheerer glaubt annehmen zu dürfen, dass er, wenigstens zum Theil, aus Cyankalium entstanden sei. Dies letztere dürfte kein vollständiger Beweis sein, denn es fehlt die Beobachtung darin, ob das kohlensaure Kali erst an der Gicht oder nicht vielleicht in viel tieferen Ofentheilen gebildet sei. Uebrigens aber ist es sehr wahrscheinlich, dass sobald das Cyankalium seine reducirende Wirkung ausübt, es unter gleichzeitiger Bildung von Stickstoff und Kohlenoxyd vollständig zu kohlensaurem Kali oxydirt werde, und dass, da in derselben Weise auch die vorhandene Kohlensäure zersetzend auf das Cyankalium einwirken kann, nur unter besonderen Umständen Cyankalium zur Gicht gelangt.

Mag auch immerhin das Cyankalium ein wissenschaftlich interessan-

---

[1]) Metallurgie Bd. II, S. 18. — [2]) Bergwerksfreund Bd. V, S. 285.

tes Reductionsmittel im Hochofen sein, so ist doch seine praktische Bedeutung nicht sehr gross, wie folgende Rechnung zeigt:

Nach den Berechnungen von Bunsen und Playfair wurden im Alfreton-Ofen, wenn alles Kali der Beschickung zur Bildung von Cyankalium diente, rund 345 Pfd. (172,5 Kilogrm.) Cyankalium in 24 Stunden producirt und zu gleicher Zeit 30,482 Pfd. (15241 Kilogrm.) Eisenstein (wahrscheinlich gerösteter) verschmolzen. Eine Durchschnittsprobe des letzteren ergab 42,2 Proc. metallisches Eisen; vollständige Reduction vorausgesetzt, würden 12863,4 Pfd. (6431,7 Kilogrm.) oder 6,3 tons (à ton 2032 Pfd. oder 1016 Kilogrm.) reines Eisen oder 6,5 tons = 13208 Pfd. (6604 Kilogrm.) Roheisen in 24 Stunden, pro Stunde also an reinem Eisen 535,97 Pfd. (267,98 Kilogrm.) und pro Minute 8,93 Pfd. (4,46 Kilogrm.) producirt worden sein. Nun war die Menge des pro Stunde erzeugten Cyankaliums 14,36 Pfd. (7,18 Kilogrm.) oder 0,24 Pfd. (0,12 Kilogrm.) pro Minute. 1 Aeq. Cyankalium (KCy = 65,149 Gewthle.) erfordert 5 Aeq. Sauerstoff (= 40 Gewichtstheile), um den Kohlenstoff in Kohlensäure und das Kalium in Kali zu oxydiren. Daher würde die Menge des pro Minute erzeugten Cyankaliums (0,24 Pfd. = 0,12 Kilogrm.) der Reduction von nur 0,335 Pfd. (0,167 Kilogrm.) reinen Eisens (aus Eisenoxyd) entsprechen, während im Ganzen 8,93 Pfd. (4,46 Kilogrm.) producirt wurden, d. h. nur 2,7 Proc.

„Wenn daher," sagt Percy [1]), „die Oxydation und Regeneration des Cyankaliums nicht mit einem kaum glaublichen Grade von Geschwindigkeit stattfand, so ist die Wirksamkeit des Salzes als reducirendes Agens allerdings, wenigstens im Alfreton-Ofen, so unbedeutend gewesen, dass wohl die frühere Vernachlässigung des Factums zu keinen grossen Irrthümern führen konnte."

Hierzu kommt nun noch, dass wie in der ersten Abtheilung der Eisenhüttenkunde Seite 133 gezeigt ist, Cyan für sich oder in Verbindung mit Alkalien stark kohlend auf metallisches Eisen wirkt. Da nun das Cyankalium jedenfalls früher mit metallischem als mit oxydirtem Eisen in Berührung kommt, so ist es nicht unwahrscheinlich, dass ein grosser Theil desselben bereits zur Roheisenbildung verbraucht und hierbei zersetzt werde und nur der übrig bleibende Theil noch Gelegenheit finde, reducirend auf das noch oxydirte Eisen einzuwirken.

Nach dem Bekanntwerden der Bunsen'schen Untersuchungen wurde das Cyankalium noch an verschiedenen Hochöfen nachgewiesen. Eck [2]) fand es in den mit Koks betriebenen Hochöfen der Königshütte in Oberschlesien. Er wies nach, dass in den dort verschmolzenen Thoneisensteinen, dem Zuschlagskalk und der Asche der Koks das zur Bildung von Cyankalium nöthige Kali enthalten sei.

Peters entdeckte es bei westphälischen Kokshochöfen [3]). Er zeigte

[1]) Original S. 451. — [2]) Karsten's Archiv Bd. 24, S. 286. — [3]) Berg- u. Hüttenmänn. Zeitung. 1858. S. 243.

den Ursprung des Kaliums in der Koksasche und den Silicaten der verschmolzenen Kohleneisensteine. Das Cyankalium trat fast chemisch rein als Beschlag am Tümpel auf, wo es sich aus der violetten stark rauchenden Flamme absetzte, welche sich besonders, wenn der Lehmtümpel abgeschmolzen war, aus dem Vorheerd drängte. Auch in dem von der Gichtflamme herrührenden Anflug war Cyankalium in beträchtlicher Menge enthalten. Also auch hier wird ein Aufsteigen in die höheren Theile des Ofens beobachtet.

Die Bildung des Cyankaliums scheint in engem Zusammenhange mit der Bildung der bereits S. 218 der ersten Abtheilung der Eisenhüttenkunde angeführten Verbindung von Titan mit Stickstoff und Cyan zu stehen, denn nach Wöhler lässt sich durch Glühen von Titansäure (welche in den Erzen enthalten ist) und Kaliumeisencyanür dieser Körper herstellen.

Obschon die Experimente von Desfosses, Fownes und Anderen uns die Erklärung für das Vorkommen von Cyankalium im Hochofen geben, so lassen sie doch die Entstehung von freiem Cyan im Unklaren, welches Bunsen und Playfair nicht nur nachwiesen, sondern auch quantitativ in dem unteren Theile des Hochofens bestimmten [1]).

Die directe Entstehung des Cyans aus Kohlenstoff und Stickstoff ist bekanntlich stets an das Vorhandensein eines Körpers geknüpft, mit welchem dasselbe eine bei der Erzeugungstemperatur beständige Verbindung eingehen kann. Dieser Körper ist im Hochofen das Kalium. Sollte nun das freie Cyan sich aus dem erst gebildeten Cyankalium abgeschieden haben? Ist das Cyan vom Kalium in einer sehr hohen Temperatur trennbar? Bei anderen früher für sich bei hoher Temperatur als unzerlegbar gehaltenen Körpern ist das Eintreten einer solchen Trennung neuerdings nachgewiesen, z. B. an der Kohlensäure, welche in Kohlenoxyd und Sauerstoff zerfällt. Hat sich Cyanwasserstoff gebildet und ist dieser wieder zerlegt? Hängt die Bildung des freien Cyans mit der des Cyanstickstoffs zusammen? Hat dies freie Cyan den Stickstoff aus dem Brennmaterial genommen? Cyanwasserstoffsäure und Cyanschwefelwasserstoffsäure kommen ja in den Destillationsproducten der Kohle vor. Ueber diese Fragen müssen noch fernere Experimente Aufschluss geben.

Obwohl negative Resultate anderer Forscher jene positive Angabe von Bunsen und Playfair nicht erschüttern können, so ist es doch nothwendig, anzuführen, dass Ebelmen trotz besonderer gerade auf diesen Punkt gerichteter Nachforschung kein freies Cyan in den Gasen des Hochofens entdecken konnte. Die meisten Analytiker haben nicht darnach gesucht. Rinman [2]) theilte dem Bearbeiter mit, dass er zwar

---

[1]) Die Gase Nro. VII. und VIII. Tab. XVI. zeigen Spuren, das Gas Nro. IX. 1,34 Proc. Cyan. Die beiden ersten Gase zeigten einen schwachen aber deutlichen Geruch nach Cyan, das letzte einen unverkennbaren stechenden Geruch, welchen das von mechanisch mit fortgerissenen festen Theilen völlig befreite Gas selbst dem Wasser beim Schütteln mittheilte. — [2]) Vergl. Tabellen VIII. bis XI.

genau darauf geachtet, indessen bei den auf weisses Eisen arbeitenden Holzkohlenöfen, deren Gase er mit Fernqvist untersuchte, keine Anzeichen davon wahrgenommen und daher um so mehr jeden Versuch einer quantitativen Bestimmung aufgegeben, als auch Gustav Clason bei Holzkohlenhochöfen nur sehr geringe Spuren dieses Stoffes im Gestelle gefunden habe.

Ammoniak, Schwefelwasserstoff etc.

Ausser den im Vorhergehenden angegebenen Gasarten und Dämpfen führen die Hochofengase noch geringe Mengen von Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Blei-, Zink-, Cadmium-, Lithium-, Kalium-, Natrium- und Calciumdampf mit, welche sich qualitativ meist leicht nachweisen lassen. Schwefelwasserstoff und Ammoniak kommen namentlich in den mit rohen Steinkohlen betriebenen Hochöfen vor. Technische Bedeutung schreibt Bunsen[1]) dem Ammoniak zu, indem er berechnet, dass z. B. der Hochofen von Alfreton, welcher in 24 Stunden circa 280 Ctr. (14000 Kilogrm.) Steinkohle verzehre, wenn das Ammoniak durch Chlorwasserstoffsäure condensirt würde, 2,14 Ctr. (107 Kilogrm.) Salmiak liefern könnte. Es ist indessen zu bezweifeln, dass sich selbst in solchen Fällen die hierzu nöthigen Apparate bezahlt machen würden, und in der That hat sich auch nirgend eine Salmiakgewinnung eingebürgert. Die Bleidämpfe condensiren sich zum Theil am Boden des Hochofens, zum Theil setzen sie sich als Oxyd in verschiedenen Theilen des Hochofens an. Die Zinkdämpfe oxydiren sich und setzen sich theils in der Nähe der Ofengicht als Gichtschwamm an die Ofenwandungen an, theils entweichen sie mit den Gasen aus der Ofengicht und setzen sich in den Gasleitungen als Staub ab. Die Dämpfe von Lithium, Calcium, Natrium etc. oder den Verbindungen dieser Stoffe lassen sich durch die Spectralanalyse nachweisen.

Schlüsse aus den vorhergehenden Analysen.

Verhältniss des Stickstoffs zum Sauerstoff. Vorausgesetzt, die festen Substanzen, welche in den Hochofen eingeführt werden, beständen aus reinem Eisenoxyd und reinem Kohlenstoff, dessen Verbrennung durch atmosphärische Luft bewirkt wird, so müsste in dem aufsteigenden Gasstrom das Verhältniss zwischen Stickstoff und Sauerstoff, gleichgültig in welchem Verbindungszustande der letztere sich auch befinde, genau den Grad der erfolgten Reduction anzeigen. Wäre nämlich kein Eisenoxyd gegenwärtig, so würde das Verhältniss von den Formen bis zur Gicht überall dasselbe sein. Da aber Eisenoxyd vorhanden ist, so wird der aus demselben in die Gase aufgenommene Sauerstoff zu der durch den

[1]) Erdmann, Journ. f. prakt. Chem. Bd. 42, S. 390.

Wind eingeführten Sauerstoffmenge hinzutreten und von da an, wo die Reduction des Eisenoxydes vollendet ist, aufwärts wird das Verhältniss der Sauerstoffmenge zur Stickstoffmenge allmälig zunehmen bis zu dem Theile des Hochofens, in welchem die Reduction beginnt.

In der Wirklichkeit muss dieses einfache Verhältniss sich aber ändern und zwar weil einentheils der Sauerstoffgehalt der Gase durch mehrfache Einflüsse nicht unbedeutend, der Stickstoffgehalt ebenfalls, wenn auch in geringem Maasse, theils vermehrt, theils vermindert wird. Die Vergrösserung des Sauerstoffgehaltes im Verhältniss zum Stickstoffgehalt findet statt:

1) Weil kein Brennmaterial, welches im Hochofen verwendet wird, frei von Sauerstoff ist, und dieser in die Gase aufgenommen wird.

2) Weil die Zuschläge fast stets, die Erze häufig Kohlensäure enthalten [1]), welche ausgetrieben und den Gasen beigemengt ebenfalls durch ihren Sauerstoffgehalt dessen Verhältniss zum Stickstoff vergrössert.

3) Weil die atmosphärische Luft stets Feuchtigkeit enthält, deren Sauerstoffgehalt ebenso dem Gasstrom zutritt.

Die Vergrösserung des Stickstoffgehaltes findet in den Fällen statt, in denen die Brennmaterialien Stickstoff enthalten. Die am häufigsten verwertheten Brennmaterialien, Koks und Steinkohle, enthalten nun zwischen 1 und 2 Proc. dieses Stoffes, so dass bei ihrer Anwendung nicht allein die eingeblasene atmosphärische Luft als Quelle des Stickstoffs zu betrachten ist. Jedoch ist die hierdurch bewirkte Zunahme an Stickstoff so klein, dass sie bei den folgenden Untersuchungen ganz ausser Betracht bleiben kann.

Die Verminderung des Stickstoffgehaltes findet durch Bindung desselben in Form von nicht gasförmigen Körpern (Stickstoffcyantitan und Cyankalium) statt. Auch diese Verminderung ist eine sehr unbedeutende, in den meisten Fällen verschwindend kleine.

In der atmosphärischen Luft ist das Verhältniss zwischen Stickstoff und Sauerstoff dem Volumen nach = 100 : 26,5 [2]). Da nun Kohlensäure das ihr gleiche Volumen an Sauerstoff, Kohlenoxyd die Hälfte seines Volumens an Sauerstoff enthält, so ist die Summe des Volumens der ersteren und der Hälfte des Volumens des zweiten gleich dem Gesammtvolumen des in den Gasen enthaltenen Sauerstoffs, aus dessen Vergleich mit dem in der atmosphärischen Luft enthaltenen sich der unter jeder der Tabellen berechnete Ueberschuss oder das vorhandene Minus ergeben hat.

Ofenzonen. Vorausgesetzt, Kohlenoxyd sei das wesentlichste Agens für die Reduction, so werden beim Niedersinken des Erzes gewisse Veränderungen eintreten und unter der Annahme, dass die Temperatur von oben nach unten allmälig zunehme, in stets gleicher Reihenfolge erfolgen

---

[1]) Erstere in Form von kohlensaurem Kalk oder kohlensaurer Magnesia, letztere in Form von kohlensaurem Eisenoxydul. — [2]) Vergl. S. 216.

müssen. Zuerst wird das Erz sein hygroskopisches und chemisch gebundenes Wasser und, wenn es eine Kohlensäureverbindung war, seine Kohlensäure verlieren. Beides muss sich in den Gasen des oberen Hochofentheils daher vorfinden. Dann folgt die Reduction oxydirten Eisens vom Oxyd zum Oxydoxydul, wenn es sich nicht in letzterem Zustande schon vor dem Eintritt der Reduction befunden, und schliesslich zu regulinischem Metall. Dann kohlt sich das reducirte Eisen und endlich schmilzt das gekohlte Eisen. Der Ofen ist hiernach in vier entsprechende Zonen eingetheilt worden, die Vorbereitungszone, die Reductionszone, die Kohlungszone und die Schmelzzone, deren Begrenzungen natürlich beträchtlich variiren müssen je nach der Form des Ofeninnern, der Art des Brennmaterials, der Beschaffenheit des Erzes, namentlich mit Rücksicht auf die Reducirbarkeit, ferner nach dem Verhältniss der Menge des aufgegebenen Erzes zu der des Brennmaterials, nach dem Grade der Zerkleinerung der Schmelzmaterialien, besonders wieder der Erze, nach der Menge des in einer bestimmten Zeiteinheit in den Ofen geblasenen Windes, der Temperatur des letzteren und noch manchen anderen geringfügigeren Ursachen. Der Ausdruck Zone soll allerdings eigentlich einen bestimmten durch zwei horizontale Schnitte begrenzten Raum des Hochofeninnern bezeichnen, aber man darf nie ausser Acht lassen, dass, wie bereits auseinandergesetzt, in den verschiedenen Theilen einer solchen Zone, je nachdem sie an den Wänden oder mehr der Axe des Ofenschachtes nahe liegen, in ein und demselben Hochofen sehr verschiedene Verhältnisse obwalten können. Hierzu kommt noch, dass zwar die Vorbereitung der Materialien der Reduction des Eisenoxydes vorausgehen, die Schmelzung einer Kohlung des Eisens folgen wird, dass aber die Kohlung selbst in gewissem Maasse gleichzeitig mit der Reduction und umgekehrt auch gleichzeitig mit der Schmelzung stattfindet, so dass ein Raum, in welchem Kohlung ohne Reduction oder ohne Schmelzung stattfindet, gar nicht gedacht werden kann.

Wenn daher manche Metallurgen, z. B. Scheerer[1]), diese Zonen ganz scharf begrenzen, so darf man dies nur als ein ideales, keineswegs ein der Wirklichkeit entsprechendes Bild ansehen. Nichtsdestoweniger empfehlen sich die Benennungen dieser Regionen zur Abkürzung des Ausdrucks und werden daher auch im Folgenden öfters angewendet werden. Der Leser möge sich dabei aber niemals abgegrenzte Räume, etwa wie die Zonen der Erde, sondern Räume denken, die oft sehr unregelmässige Gestalt haben, in denen aber gleiche chemische und physikalische Bedingungen herrschen.

Fehlerquellen der Gasanalysen. Man hat bei der Discussion der vorhergehenden Tabellen von vornherein einige Fehler zu beachten,

---

[1]) Vergl. dessen Metallurgie Bd. II, S. 13. Hier ist als fünfte Zone noch die Oxydations- oder Verbrennungszone in der Nähe der Formen angenommen.

welche theils in der Art und Weise der Gasentziehung, theils in der analytischen Methode begründet sind.

Die Gase wurden, mit Ausnahme derjenigen, welche das Material für die Analysen der Tabellen XI. lieferten, zu verschiedenen, oft weit aus einander liegenden Zeiten aus dem Hochofen entnommen, und stets aus einem im Verhältniss zum Gesammtquerschnitt des Ofens sehr kleinen Raume entzogen.

Was den ersten Punkt anbetrifft, so ist es sehr schwierig, eine gleichzeitige Gasentziehung aus verschiedenen Tiefen vorzunehmen. Nur Rinman hat dies Experiment mit Hülfe von Herrn Eggertz und acht Bergschülern von Falun durchgeführt. Es wechselt nun aber die Zusammensetzung der Gase jedenfalls so schnell im Hochofen in Folge der steten Ungleichmässigkeit der aufgegebenen und herabsinkenden Materialien, des mehr oder weniger gleichmässigen Niedersinkens derselben und der theils wegen wechselnden Druckes, theils wegen mannigfacher die Formen verengender Ansätze u. s. w. in ungleicher Menge zutretenden Gebläseluft, dass schon der Unterschied von einer oder wenigen Stunden, geschweige denn von vielen Stunden, ja Tagen genügt, um unrichtige Resultate zu ergeben.

Noch weit mehr wird der Werth der Analysen für die Beurtheilung des Hochofenprocesses dadurch in Frage gestellt, dass das Gas jedesmal aus einem im Verhältniss zur Weite des betreffenden Hochofentheils sehr geringen Querschnitt entnommen worden ist. Es ist nämlich klar, dass die Geschwindigkeit des Gasstromes und mithin seine Zusammensetzung an den Hochofenwandungen in demselben Horizontalquerschnitt eine andere als in der Mitte sein muss. Wie gross in der That dieser Unterschied ist, zeigt die Tabelle XI A. Seite 226, bei der die Zusammensetzung der Gase aus denselben Tiefen, aber theils aus der Mitte des Schachtes, theils von den Wandungen neben einander angegeben sind. Hier ist bei den Gasen zunächst der Form der Unterschied im Kohlenoxydgasgehalt 6,75 Proc., weiter hinauf 4,10 Proc. Da dies Verhältniss allmälig von der Mitte zur Wandung wechseln wird, so hat man durch das aus der Mitte des Schachtes genommene Gas nichts weniger als eine die mittlere Zusammensetzung angebende Analyse.

Am richtigsten werden die durchschnittliche Zusammensetzung jedenfalls diejenigen Gase angeben, welche aus den Gasleitungscanälen an oder in der Nähe der Gicht entnommen sind, da sich hier offenbar die Gase innig mit einander vermischt haben.

Eine andere Fehlerquelle liegt in der analytischen Methode. Bunsen und Playfair haben bei ihren Untersuchungen über die Gase des Hochofens zu Alfreton sorgfältig die eudiometrische Methode, d. h. diejenige, welche sich auf eine genaue Volumenbestimmung des zu untersuchenden Gases und der durch Verbrennung mit Sauerstoff daraus erhaltenen Producte stützt, mit der gewichtsanalytischen, d. h. derjenigen, welche die bei der Verbrennung eines Gasvolumens erzeugten Verbindungen in

fester oder flüssiger Form aufsammelt und unmittelbar dem Gewichte nach bestimmt [1]), verglichen, sich zu Gunsten der ersteren entschieden und die bedeutenden Fehlerquellen nachgewiesen, welche bei der Benutzung der letzten — wie dies z. B. von Ebelmen bei seinen ersten Analysen geschehen — entstehen können. Im Allgemeinen darf man, gleiche Gewissenhaftigkeit vorausgesetzt, annehmen, dass jede spätere Analyse auf mehr Genauigkeit als die früheren Anspruch machen könne, da dem jüngeren Analytiker die Erfahrungen der älteren zu Nutzen kamen, und aus diesem Grunde sind über den Tabellen stets die Jahre der Untersuchungen angegeben worden. Es ist wichtig, überzeugt zu sein, dass der Analytiker sich vollständig über die möglichen Fehlerquellen und deren Grösse bewusst gewesen sei, und in dieser Hinsicht verdienen einentheils die Bunsen'schen, anderentheils die Rinman'schen Untersuchungen die grösste Aufmerksamkeit [2]).

Fehler können auch beim Auffangen der Gase dadurch entstehen, dass das Zuschmelzen der Glasröhren, in denen die Gase behufs der Analyse gesammelt werden, nicht mit gehöriger Vorsicht geschieht, so dass hierbei z. B. Luft eintritt, wie dies bei einigen Analysen der Gase von Harnäs bereits bemerkt wurde.

Sauerstoffgehalt der Gase.

Sauerstoffüberschuss. Wenn in den Gasen irgend eines Theils des Hochofens das Verhältniss des Sauerstoffs zum Stickstoff geringer als das in der atmosphärischen Luft herrschende (26,5 : 100) ist, so muss, da ein ungleichförmiges Entweichen beider Gase aus den Ofenwänden kaum angenommen werden kann, entweder Sauerstoff fortgekommen, d. h. in den Zustand fester Verbindungen übergegangen, oder Stickstoff hinzugetreten sein.

Das Erstere ist nur in unmittelbarer Nähe der Formen denkbar, wo unter besonderen Umständen eine Oxydation von bereits reducirtem Eisen, Mangan u. s. w. eintreten kann. Das Letztere ist, abgesehen von der durch die angedeuteten Verhältnisse der Stickstoffentwickelung aus dem Brennmaterial möglichen geringen Variation, überhaupt undenkbar. Es muss mithin die Richtigkeit aller ein solches Verhältniss eines geringen Sauerstoffgehaltes aufweisender Analysen von Gasen aus höheren Ofentheilen angezweifelt werden, nicht etwa in dem Sinne, dass den Analytiker ein Vorwurf trifft, sondern in dem Sinne, dass die Analyse nicht die mittlere Zusammensetzung des Gases in dem betreffenden Hochofenquerschnitt darstellt, denn es ist sehr wohl denkbar, dass der Stickstoff in einem und demselben Querschnitte des Hochofens ungleichförmig vertheilt ist, dass also das Verhältniss desselben an einer Stelle, an welcher zufällig das Gas entnommen wurde, ein grösseres als an einer

[1]) Erdmann, Journ. f. prakt. Chem. 42, S. 145 u. f. — [2]) Vergl. Berg- u. Hüttenm. Zeitung 1865. S. 446.

benachbarten Stelle war. Hierhin gehören die Analysen Tabelle I. Nr. 3 und Tabelle XI A. Nr. 3 und 4.

Wenn dagegen — und dies zeigen alle anderen Analysen in grösserem oder geringerem Grade — der Sauerstoffgehalt der Gase das in der atmosphärischen Luft enthaltene Verhältniss übersteigt, so ist dies ein Beweis, dass der Stickstoffgehalt sich entweder vermindert hat, was in sehr geringem Maasse durch Uebergang in feste Verbindungen (Cyankalium, Cyanstickstofftitan) geschehen kann, oder dass Sauerstoff den Gasen hinzugetreten ist. Die Erklärung für das Letztere bietet sich erstens und hauptsächlich in der Reduction der Eisenerze dar, indem der Kohlenstoff, sei es als solcher, sei es in der niedrigeren Sauerstoffverbindung als Kohlenoxydgas, sich mit dem Sauerstoff des Erzes zu einem neuen Gase (im ersten Falle Kohlenoxyd, im zweiten Kohlensäure) verbindet. Eine solche Sauerstoffvermehrung muss in einem regelmässigen Verhältnisse von unten nach oben bis zu der Grenze stattfinden, wo die Temperatur zu niedrig ist, um eine Reduction zu gestatten; denn da die aus der Gicht entweichenden Gase stets Kohlenoxyd enthalten, kann das Aufhören der Sauerstoffzunahme nach oben nicht in einem Mangel an Reductionsmitteln begründet sein. Dasselbe gilt von anderen reducirten Oxyden. Eine weitere Sauerstoffvermehrung tritt durch die in Erzen und Zuschlägen enthaltene Kohlensäure in den Ofenregionen ein, in welchen die Temperatur zur Gasificirung dieses Stoffes genügt. Auch die Sauerstoffzunahme aus diesem Grunde muss innerhalb gewisser Grenzen stetig von unten nach oben stattfinden.

Das Gleiche gilt von der Sauerstoffvermehrung durch Zutritt des in den Brennmaterialien enthaltenen Sauerstoffs zu den Ofengasen, welcher so hartnäckig zurückgehalten wird, dass er erst in sehr hohen Temperaturen, d. h. in den tiefsten Regionen des Ofens vollständig aus dem Brennmaterial entfernt ist [1]).

Eine letzte Sauerstoffzunahme in den Gasen erklärt sich aus der Zersetzung von Wasserdampf. Das in den festen Materialien enthaltene Wasser, sei es hygroskopisch beigemengt, sei es chemisch (z. B. im Brauneisenerz) gebunden, gelangt ohne Zersetzung zur Verdampfung, kommt daher in den behufs der Analyse getrockneten Gasen nicht zur Geltung. Es kann daher hier nur der durch die Gebläseluft eingeführte Wasserdampf in Betracht kommen und die Zersetzung desselben findet stets unmittelbar vor den Formen statt. Die Menge des daher rührenden Sauerstoffs lässt sich demnach unmittelbar durch Berechnung aus dem Wasserstoffgehalt der Gase an der Form finden.

Aus diesen Betrachtungen ergiebt sich, dass das Verhältniss des Sauerstoffs zum Stickstoff von den Formen an nach oben stets wachsen muss, sich aber niemals verringern kann, es sei denn in nächster Nähe der Gicht, wo in Folge der Gasableitung die Zusammensetzung der Gase

---

[1]) Vergl. Seite 280.

Tabelle A (zu Seite 273).

Kohlensäure, Kohlenoxyd und daraus berechneter Sauerstoffüberschuss in den Gasen der Hochöfen zu:

Gesammthöhe des Ofens von Form bis Gicht.	Original-maass.	Meter.
I. Veckerhagen. (Preussen)	20¾' Kurhessisch.	5,97m
II. Bärum. (Norwegen)	28' Preuss.	8,79m
III. Clerval (1841). (Frankreich)	8,23m	8,23m
IV. Clerval (1848). (Frankreich)	9,60m	9,60m
V. Wrbna. (Oesterreich)	34' 4" Oesterr.	10,85m
VI. Kaiser Franz. (Oesterreich)	38' Oesterr.	12,01m
VIII. Hammarby. (Schweden)	40,25' Schwed.	11,95m
IX. Försjö. (Schweden)	42,25' Schwed.	12,54m
X. Hasselfors. (Schweden)	33,25' Schwed.	9,87m
XI. Harnäs b. Dannemora. (Schweden)	40,5' Schwed.	12,02m
XII. Audincourt. (Frankreich)	10,55m	10,55m
XIII. Vienne. (Frankreich)	9,76m	9,76m
XIV. Pont-l'Evêque. (Frankreich)	10,5m	10,5m
XV. Seraing. (Belgien)	47' 4" Engl.	14,43m
XVI. Alfreton. (England)	36' 1" Engl.	11,0m

Values from Gichtniveau (top) to Formenniveau (bottom), in 100 Theilen:

I. Veckerhagen.

CO^2	CO	O
14,1	38,8	7,0
17,9	35,7	9,2
5,0	38,9	−2,1
5,5	48,1	3,0
5,6	45,8	2,0
12,3	43,9	7,7
9,2	41,0	3,2

II. Bärum.

CO^2	CO	O
34,4	12,5	14,1
29,0	24,4	14,7
19,7	29,4	7,9
6,6	45,4	2,8
12,8	30,7	1,6
8,8	40,6	2,6

III. Clerval (1841).

	CO^2	CO	O
Gichtniveau (An der Gicht.)	22,3	40,7	16,1
	18,4	29,3	6,5
	23,7	39,0	16,7
	15,0	47,7	12,3
	3,7	55,6	5,0
	0,0	55,5	1,2
	0,5	73,4	10,7
Am Tümpel.	0,0	108,3	27,6

IV. Clerval (1848).

	CO^2	CO	O
	21,0	43,1	16,0
	20,4	40,7	14,2
	6,8	51,8	6,2
	6,9	51,5	6,1
	0,8	55,6	2,1
	0,1	56,2	1,7
	0,0	61,3	4,1
Am Tümpel.	1,6	68,5	9,3

V. Wrbna.

CO^2	CO	O
23,2	18,6	6,0
24,9	15,3	6,0
13,9	31,4	3,1
4,0	46,0	0,5
17,5	33,3	7,6

VI. Kaiser Franz.

CO^2	CO	O
24,5	19,0	7,5

VIII. Hammarby.

	CO^2	CO	O
Gichtniveau (An der Gicht.)	24,0	41,2	18,1
	27,0	43,7	22,3
Wand.	24,3	39,0	17,3
	23,1	43,0	18,1
Mitte. Ofen.	14,6	53,4	14,8
	20,3	38,8	13,2
Gasleitung.			
Am Tümpel.	0,8	62,4	5,5

IX. Försjö.

	CO^2	CO	O
	19,6	46,5	16,3
	14,9	37,7	7,2
	17,6	46,5	14,4
	14,8	46,0	11,3
Gasleitung.			
	11,0	53,5	11,2
	10,5	47,8	7,9
	4,7	57,0	6,7
	3,5	51,3	4,2
	5,1	51,3	4,3
Am Tümpel.	2,3	60,9	6,3

X. Hasselfors.

	CO^2	CO	O
	20,0	41,8	14,4
	26,0	41,2	20,1
	13,9	47,4	11,1
	5,6	51,2	4,7
	6,5	50,0	5,0
Am Tümpel.	6,7	365,0	162,7

XI. Harnäs b. Dannemora.

	CO^2	CO	O
	19,0	43,9	14,4
Gasleitung.			
Wand.	9,1	49,5	7,3
	14,3	43,7	9,7
Mitte.			
	2,0	50,4	0,7
Wand.			
Wand.	3,0	45,3	−0,9
	3,67	51,6	3,0
Mitte.			

XII. Audincourt.

	CO^2	CO	O
Gichtniveau (An der Gicht.)	22,6	45,4	18,8
	26,6	43,4	21,8
	17,0	51,4	16,2
	13,0	52,1	12,5
	6,6	59,2	9,7
	0,34	59,1	3,3
	0,0	95,9	21,4

XIII. Vienne.

	CO^2	CO	O
Gichtniveau (An der Gicht.)	19,0	41,6	13,3
	4,4	50,0	2,9
	0,9	51,9	0,3
	1,1	60,3	4,7

XIV. Pont-l'Evêque.

	CO^2	CO	O
Gichtniveau (An der Gicht.)	11,4	45,4	7,6
	1,1	56,0	2,6
	0,26	52,9	0,2
	0,25	57,6	2,5
	8,2	31,2	−2,7
	10,8	22,0	−4,7

XV. Seraing.

CO^2	CO	O
20,0	50,6	18,8
16,5	47,0	13,5
2,5	54,2	3,1
1,7	57,4	3,9
0,2	59,2	3,3
0,0	82,5	14,7

XVI. Alfreton.

CO^2	CO	O
14,0	47,0	11,0
17,2	37,0	9,2
17,9	44,0	13,4
17,8	37,9	10,2
22,4	33,9	12,8
17,9	32,2	7,5
14,0	46,3	10,6
17,7	44,4	13,4
0,0	64,4	5,7

Gichtniveau. — In 100 Theilen. — Formenniveau.

Die Höhe sämmtlicher Hochöfen vom Formen- bis Gichtniveau ist als gleich angenommen, die zwischen beiden Niveaus liegenden Horizontalstriche bezeichnen die Gasentnahmestellen nach Maassgabe der in den Specialtabellen angegebenen Distanzen.

In der Columne „O" bedeuten die Zahlen ohne Vorzeichen den Sauerstoffbetrag über 26,5 Vol. O auf 100 Vol. Stickstoff (das Verhältniss beider Gase in der atmosphärischen Luft), während die Zahlen mit vorstehendem Minuszeichen den Sauerstoffgehalt unter 26,5 Vol. O auf 100 Vol. N bezeichnen.

[1]) Vergl. Seite 280.

in keinem Zusammenhang mit der in die Formen eingeblasenen Stickstoffmenge zu stehen braucht. Wenn daher in den Gasreihen der Tabellen dies steigende Verhältniss des Sauerstoffs zum Stickstoff von den Formen oder deren Nähe aus bis zur Gicht nicht stattfindet, so muss auch hier die Richtigkeit der Analysen bezweifelt und die Abweichung aus einer der oben angegebenen Fehlerquellen hergeleitet werden.

Um eine übersichtliche Vergleichung der Resultate aller vorher mitgetheilten Analysen zu gestatten, ist die Tabelle A. zusammengestellt worden. In derselben sind alle Hochöfen als von gleicher Höhe von Form bis Gicht angenommen, und man findet daher in jeder Horizontalcolumne nicht, wie dies bei allen bisher vorgenommenen Zusammenstellungen der Fall gewesen ist, die Gasgemenge von gleicher absoluter Höhe über den Formen, sondern von gleicher relativer Höhe zwischen Form und Gicht.

Es bedarf diese ungewöhnliche Anordnung einer Rechtfertigung:

Stellt man die absoluten Höhen über der Form nebeneinander, so gelangt man nur zum Vergleiche von Gasgemengen, welche sehr verschiedenen Ofenzonen angehören. Die Gichtgase des nicht ganz 6 Meter hohen Veckerhagener Hochofens stehen in diesem Falle parallel den Gasen aus dem Kohlensack des doppelt so hohen Ofens von Seraing. Nun aber wird bei jedem Hochofen innerhalb der vorhandenen Höhe derselbe Zweck erreicht, d. h. es wird das aufgegebene Eisenoxyd reducirt und in Roheisen umgewandelt, und daher darf man annehmen, dass unter gleichen Verhältnissen, ganz abgesehen von der absoluten Höhe, in den relativen Höhen zwischen Form und Gicht eine gleiche Zusammensetzung der Gase herrschen muss, und dass anderenfalls aus factischer Verschiedenartigkeit solcher relativ gleich tief entnommenen Gase Schlüsse auf die Gründe für diese Abweichungen gezogen werden können. Es sind in dieser Tabelle die für die vorliegende Betrachtung interessirenden Bestandtheile, Kohlensäure, Kohlenoxyd, und der aus jenen berechnete Sauerstoffüberschuss auf 100 Vol. Stickstoff zusammengestellt.

Alle Analysen, welche mit Gasen aus der unmittelbaren Nähe der Formen angestellt sind, zeigen mit Ausnahme der von Pont l'Evêque (XIV.) einen bedeutenden Ueberschuss an Sauerstoff. Der Grund kann einestheils in einem Verbrauch an Stickstoff zur Cyanbildung liegen. Wenn wir aber das Verhältniss der Cyanbildung, wie es von Bunsen und Playfair am Alfreton-Ofen gefunden wurde, als Maximum ansehen, so rechtfertigt sich hierdurch höchstens ein Sauerstoffüberschuss von 2,54 auf 100 Vol. Stickstoff [1]). Anderentheils kann hier ein Sauerstoffüberschuss seinen Grund in der Zersetzung von Wasserdampf haben. Wenn dieser aus dem in den Ofen geführten Wasserdampf stammende Sauerstoff auch (wie sich aus der weiter unten mitgetheilten Tabelle B. zu Seite 291 ergeben wird) bis zu 4,5 auf 100 Vol. Stickstoff steigen kann, so erhebt

[1]) Vergl. Tabelle XVI.

er sich im Durchschnitt doch nicht über 1,3 Vol.[1]). Im Falle des höchsten Wassergehaltes und der grössten Cyanbildung würde daher der Sauerstoffüberschuss nicht viel über 5 Vol. betragen können.

Es sind nun aber in der Nähe der Formen auf 100 Vol. Stickstoff enthalten:

Tabelle	Sauerstoff-überschuss	In Folge der Cyan-bildung	In Folge der Wasser-zersetzung	Daher aus anderen Ursachen
III.	27,6	—	1,3	26,3
IV.	9,3	—	0,6	8,7
V.	7,6	—	—	7,6
VIII.	5,5	—	1,4	4,1
IX.	6,3	—	1,3	5,0
X.	162,7	—	4,5	158,2
XII.	21,4	—	0,9	20,5
XIII.	4,7	—	1,2	3,5
XV.	14,7	—	0,2	14,5
XVI.	5,7	2,5	3,4	—

Der zum Theil noch sehr bedeutende Rest des Sauerstoffüberschusses muss seinen Grund in anderen Ursachen haben. Er würde sich ohne Schwierigkeit aus der noch vor den Formen oder in deren Nähe stattfindenden Reduction, sei es von Eisenoxyd, sei es von anderen Oxyden, oder durch Zutritt sauerstoffreicher Gase aus den Kohlen, mit denen man die Oeffnungen im unteren Theile des Hochofens zu verschliessen pflegt, erklären lassen, wenn nicht der merkwürdige (mit Ausnahme der Tabellen I., VII. und in gewissem Grade XIV.) durch alle Untersuchungen bestätigte Fall vorläge, dass dieser Sauerstoffüberschuss sich nach oben zu nicht etwa vermehrt oder wenigstens gleich bleibt, sondern dass eine Abnahme desselben eintritt, so dass ein Minimum des Sauerstoffüberschusses in der unteren Hälfte der Hochöfen (nur bei XIII. kann man sich wegen der geringen Zahl der Analysen kein Urtheil darüber bilden), in den meisten Fällen zwischen 2 und 4 Zehntel der Höhe von der Form aus gerechnet liegt, wo das Verhältniss des Sauerstoffs zum Stickstoff beinahe genau das der atmosphärischen Luft ist. Da dieses Verhältniss nur so weit, als es mit der Cyanbildung zusammenhängt, natürlich ist, weil nach der Zersetzung des Cyans den Gasen von Neuem Stickstoff hinzutritt und daher die verhältnissmässige Menge des Sauerstoffs vermindert wird, so haben bereits viele der Analytiker ihr Augenmerk auf

[1]) 1 Vol. Wassergas besteht aus 1 Vol. Wasserstoff und ½ Vol. Sauerstoff.

diesen Punkt gewendet und verschiedene Erklärungen versucht, welche indessen zum grössten Theil nicht als zutreffend anerkannt werden können.

Ebelmen nimmt an, dass dieser Sauerstoffüberschuss aus der Reduction des in die Schlacke übergegangenen oxydirten Eisens herzuleiten, dass also die sogenannte Schmelzzone in Wahrheit eine zweite Reductionszone sei[1]). Er glaubt, dass direct vor den Formen ein Theil des reducirten Eisens wieder oxydirt werde und im Zustande eines Silicates in die Schlacke übergehe, dass dann aber eine Reaction zwischen dem oxydirten Eisen und der Kohle des Roheisens oder den der Schlacke beigemengten Kohlenstückchen eintrete, und ersteres unter Entwickelung von Kohlenoxydgas reducirt werde. Ebelmen führt als Beweis dieser seiner Ansicht an, dass die teigige Masse, welche die Wandungen des Gestells über den Formen bekleide, Eisensilicat enthalte, und dass das letztere unter Bildung von Kohlenoxydgas reducirt werde, so dass die Gase, welche man durch ein Loch in den Wandungen entziehe, reicher an Kohlenoxyd als die Gase im Inneren seien. Er nimmt an, dass dieser Beweis durch die Praxis unterstützt werde. „Wenn man," sagt er, „zwei Arten Brennmaterial mit einander vergleicht, welche mit verschiedener Geschwindigkeit von Luft oder Kohlensäure angegriffen werden, z. B. Koks und Holzkohlen, so ist klar, dass es nothwendig sein wird, die Masse des am wenigsten wirkenden Brennmaterials im Verhältniss zum Erze zu vergrössern, um die Oxydation des Eisens in diesem Falle nicht stärker als in dem anderen eintreten zu lassen. Die Praxis hat dem entsprechend auch bewiesen, dass im Durchschnitt zweimal so viel Koks (dem Gewichte nach) als Holzkohle zur Erzeugung derselben Menge gleichartigen Roheisens in einem Hochofen nöthig sei. Ebenso lässt sich die verschiedene Menge desselben Brennmaterials erklären, welche bei der Erzeugung verschiedener Arten Roheisen in einem Hochofen nöthig ist, d. h. man verbraucht z. B. für graues Roheisen mehr als für weisses." Ueber beide Thatsachen herrscht kein Zweifel, aber dennoch giebt selbst diese scheinbare Uebereinstimmung von Praxis und Theorie keine Erklärung. Wäre die Zone des Minimalsauerstoffüberschusses oder die Region, wo annähernd das Verhältniss der Luft herrscht, zugleich dieselbe, in welcher die letztere in den Ofen geführt wird, so könnte man sich wohl denken, dass nun aufwärts in Folge der Oxydation des Eisens[2]) (also Bildung einer festen oder flüssigen Verbindung) die Gase allmälig sauerstoffärmer würden, bis das Minimum erreicht ist, aber es müsste in diesem Falle, wenn, wie Ebelmen annimmt, der Sauerstoff nur aus der eingeblasenen Luft stammt, der Sauerstoffüberschuss stets negativ sein. Beim weiteren

[1]) Op. cit. p. 335 und 371. — [2]) Eine Oxydation des Eisens lässt sich trotz der vorhandenen reducirenden Gase, namentlich mit Rücksicht auf die Forschungen Cailletet's, über welche weiter unten noch Näheres berichtet werden wird, in Folge des Vorhandenseins freien Sauerstoffs denken, vergl. S. 282.

Aufwärtssteigen würde dann einmal wieder das normale Verhältniss, hierauf allmälig zunehmender, positiver Sauerstoffüberschuss eintreten.

Aus einem ähnlichen Grunde hilft auch die von Percy für die Erklärung zu Hülfe genommene Reduction anderer Körper ausser dem Eisen nicht über die Schwierigkeit fort. Er sagt: „Bekanntlich erfordert Kieselsäure zu ihrer Reduction die vereinigte Einwirkung von Kohlenstoff und Eisen [1]) und eine sehr hohe Temperatur, wie solche kaum anderwärts als in der Nähe der Formen herrscht. Da nun im Allgemeinen jedes Roheisen Silicium; manches sogar sehr viel enthält, z. B. das aus kieselreichem Roheisenstein bei Koks in Nord-Lancashire und Cumberland erblasene 3 bis 4, ja mehr Procent, und 1 Gewichtstheil Kieselsäure ungefähr das gleiche Gewicht an Sauerstoff abgiebt [2]), so ist bei einem stark siliciumhaltigen Roheisen der Zugang an Sauerstoff hinreichend, um das Verhältniss der Analysen auf diese Weise zu erklären.“ Man könnte dieses Motiv noch verstärken dadurch, dass man die Reduction von Thonerde, Kalkerde, Magnesia u. s. w. hinzunimmt, wenn auch der Gehalt an den Elementen dieser Verbindungen im Roheisen nur äusserst gering ist. Alle diese Umstände würden zwar eine Zunahme an Sauerstoff über das Verhältniss der Luft von der Form aufwärts erklären, eine Zunahme, welche allmälig geringer wird, bis sie in einer höheren Zone bei Reduction des Eisens wieder bedeutend steigt; aber es müsste das doch immer eine Zunahme, niemals wie die Analysen es übereinstimmend nachweisen, eine Abnahme sein.

Sobald man annimmt, dass die Analysen wirklich die mittlere Zusammensetzung der Hochofengase an den betreffenden Stellen angeben, so bleibt nur die Schlussfolgerung übrig, dass unmittelbar in der Nähe der Formen durch eine energische Reduction von Kieselsäure und Eisenoxydul Sauerstoff in die Gase gelangt, dass dieser Sauerstoff beim Aufsteigen (etwa in Form von Kohlensäure, welche demgemäss auch entsprechend abnimmt) Eisen oxydirt, dass dadurch die Gase an Sauerstoff ärmer werden, bis sie die Zusammensetzung der Luft angenommen haben, und dass dann erst die Reduction des niedersinkenden Erzes eintritt. Umgekehrt würde also beim Hinabsinken auf die Reduction des Erzes eine abermalige Oxydation und erst vor den Formen eine zweite Reduction gleichzeitig mit der Reduction der Kieselsäure eintreten. Aber auch diese Annahme hat keine Wahrscheinlichkeit für sich, weil, wenn eine erneuete Oxydation einträte, diese in der Nähe der Formen am stärksten sein müsste.

Das eigenthümliche Verhalten der Gase hinsichtlich des Sauerstoffüberschusses tritt in noch verwickelterer Weise als bei den mit Holzkohle und Koks betriebenen Hochöfen, bei dem Alfreton-Ofen (Tabelle XVI.)

---

[1]) Vergl. Abtheil. I, S. 117. — [2]) Genauer ist das Verhältniss 47,02 : 52,98.

auf, welcher mit rohen Steinkohlen betrieben wurde. Hier findet sich innerhalb der unteren Hälfte des Hochofens über den Formen erst eine Zunahme, dann eine Abnahme des Sauerstoffüberschusses, und nun folgt ein beständiges Schwanken bis zur Gicht.

Bunsen sucht die Erklärung in Folgendem[1]: „Der Umstand,“ sagt er, „erscheint auf den ersten Blick schwer zu erklären, da keine chemischen Processe im Ofenschacht denkbar sind, welche den einmal in den Gasen enthaltenen Sauerstoff vermindern können. Allein diese Anomalie ist bei näherer Betrachtung leicht erklärlich. Die Sauerstoffverminderung beginnt vornehmlich an dem Punkte, wo die aus den Steinkohlen durch Destillation erzeugten Gase zur Entwickelung kommen. Nun liegt es in der Natur der Verhältnisse, dass diese Gase nicht sogleich in dem Momente, wo sie frei werden, eine gleichförmige Mengung mit der von den unteren Theilen des Ofens aufsteigenden Gassäule erleiden. Das an diesen Punkten aufgefangene Gas ist daher reicher an den gasförmigen Destillationsproducten der Kohle, als es der durchschnittlichen Zusammensetzung nach sein sollte. Namentlich steigt der Wasserstoffgehalt dann bis über 12 Proc. Rührte dieser Wasserstoff allein von dem auf Kosten der Kohle zersetzten Wasser her, so würde dadurch der Sauerstoffgehalt des Gases stets wachsen müssen, in welchem Verhältniss auch die Mengung der an verschiedenen Punkten des Ofens erzeugten Gase vor sich gehen mag. Ist dagegen der grösste Theil dieses Wasserstoffs, wie man nothwendig annehmen muss, aus der durch eine höhere Temperatur bedingten Zersetzung des ölbildenden Gases und Steinkohlenöles hervorgegangen, so muss die Berechnung nothwendig auf einen kleineren Sauerstoffgehalt führen, als der Wahrheit entspricht. Diese Thatsache berechtigt uns zugleich zu dem Schlusse, dass die mittlere Zusammensetzung der Ofengase an dem Punkte des Ofens, wo die durch Destillation bedingte Gasentwickelung ihr Maximum erreicht, nicht ermittelt werden kann.“

Bunsen glaubt zwar für die tieferen Punkte des Ofenschachtes, „wo das ölbildende Gas und die höheren Kohlenwasserstoffe gänzlich fehlen“, diese Unsicherheit nicht annehmen zu müssen und war zu diesem Schluss bei der geringen Zahl der ihm vorliegenden Untersuchungen wohl berechtigt. Die grössere Menge jetzt ausgeführter Analysen gestattet indessen, den Schluss zu ziehen, dass die Unsicherheit, aus der Zusammensetzung von Gasen, welche aus einem kleinen Querschnitte des Hochofens entnommen sind, Schlüsse auf die Gase des ganzen Ofentheils zu ziehen, gerade in den untersten Regionen des Hochofens am grössten ist. Rinman hat das Verdienst, zuerst auf diesen Umstand aufmerksam gemacht und ihn genauer untersucht zu haben. Seine Untersuchungen lassen keinen Zweifel mehr über die richtige Erklärung jenes scheinbar widersin-

[1]) Erdmann, Journ. 42, S. 269.

nigen Verhältnisses vom Sauerstoff zum Stickstoff [1]). „Vergleichen wir," sagt er, „die Gasbestandtheile [2]) von der Form und Tümpelnähe mit der idealen Gaszusammensetzung, die entstehen würde, wenn Kohle zu Kohlenoxyd in atmosphärischer Luft verbrannt wird [3]), so finden wir bei jenen einen bedeutenden Ueberschuss an Sauerstoffgehalt, zumal am Tümpel. Dieser Ueberschuss kann schwerlich anders erklärt werden als dadurch, dass die Gase neben der Ofenmauer, wo die Proben genommen, lange nicht dieselbe aufsteigende Geschwindigkeit besitzen als die übrigen Gase, und dass das Kohlenoxyd, welches durch die Kohle und niederkommende unreducirte Erzstücke entsteht, hier in verhältnissmässig grösserer Menge vorkommt als da, wo der Gasstrom die grösste Geschwindigkeit besitzt. Wäre nämlich anzunehmen, dass die Gase am Gemäuer vollkommen still stehen und durch die Bewegung der übrigen nicht beeinflusst werden, so müsste sich aus Kohle und Eisenoxyd reines Kohlenoxydgas bilden. Möglicher Weise können auch am Tümpel sauerstoffhaltige Gase von dem Kohlenklein und Gestübbe hinzukommen, dessen man sich zum Verstopfen der daselbst befindlichen Oeffnungen bedient, indem Holzkohle beim Erhitzen (unter Luftabschluss) ein Gasgemenge entwickelt, in welchem das Verhältniss des Sauerstoffs zum Stickstoff viel grösser ist als in der atmosphärischen Luft [4])."

Diese Annahme kommt zwar mit den vorher gegebenen darin überein, dass sie Reduction von Eisenoxyd als Quelle des grösseren Sauerstoffgehaltes in der Nähe der Formen ansieht, aber sie fügt erstens als neue Sauerstoffquelle noch die sauerstoffreichen Gase des Kohlengestübbes hinzu, welche durch die mit der Atmosphäre communicirenden Oeffnungen des Hochofens eindringen, und ebenfalls eine von der Gebläseluft unabhängige Sauerstoffmenge repräsentiren; zweitens erklärt sie durch die Stagnation der Gase an den Ofenwänden auf natürliche Weise die Abnahme des Sauerstoffgehaltes in höher gelegenen Ofentheilen.

Auf den ersten Blick erscheint — wenn man von der Gaszusammensetzung in unmittelbarer Nachbarschaft des Tümpels absieht — die Bemerkung Rinman's, dass die sauerstoffreicheren Gase sich haupstächlich an den Wandungen vorfänden, nicht ganz einleuchtend; denn gerade die von demselben Metallurgen angestellten Analysen des Hochofens zu Harnäs (Tab. XI.) zeigen, dass die in der Mitte des Hochofens befindlichen Gase eines und desselben Horizontalquerschnittes sauerstoffreicher als die an den Wandungen sind und dass der Sauerstoffüberschuss der Gase aus dem Inneren des Ofens den Sauerstoffüberschuss der Gase an den Wänden um 4 Vol. und mehr auf 100 Vol. Stickstoff über-

---

[1]) Berg- und hüttenm. Zeitg. 1865. S. 265 und f. — [2]) An dieser Stelle spricht er von Ebelmen's Analysen des Clervaler Hochofens. — [3]) Bestehend in 100 Vol. Gas aus 34,7 Proc. Kohlenoxyd und 65,3 Proc. Stickstoff. — [4]) Vergl. S. 281.

trifft. Rinman weist bei diesen letzteren Analysen selbst darauf hin, wie sich das Gas an den Wänden als Reductionsmagazin verhalte. „Während im Inneren des Hochofens," sagt er, „das Gas arbeitet, erneuert es sich aus dem Gasstrom an der Mauer, welcher weniger Widerstand an den Erzen findend eine grössere Geschwindigkeit hat." Je langsamer nämlich das Kohlenoxyd durch die Erzsäule steigt, um so reicher an Sauerstoff wird es in Folge der Reduction nach Durchlaufung eines gewissen Weges sein, folglich wird nach eben demselben Wege, d. h. in demselben Horizontalquerschnitt das Gas an den Wänden, welches schneller steigt, nicht so viel Sauerstoff aufgenommen haben. Es werden daher die Gase, welche derselben chemischen Reactionszone des Hochofens angehören, nicht eine Horizontalebene bilden, sondern die Gestalt einer concaven, nach oben offenen Schale haben. Da nun in Folge der Reibung an den Schachtwänden die festen Materialien langsamer nach unten rücken, d. h. später als die in der Mitte des Schachtes befindlichen Erze, welche schneller niedersinken, zu einer tieferen Zone gelangen, so wird die angegebene Einwirkung der Gase an den Wänden hierdurch noch mehr gesteigert werden. Dasselbe Verhältniss zeigt sich sehr deutlich an der Gicht, wo die von den Wänden entnommenen Gase stets dem chemischen Zustande einer tieferen Region entsprechen.

Trotz dieses scheinbaren Widerspruchs sind beide Ansichten Rinman's sehr wohl mit einander vereinbar, und wir führen am besten seine eigenen Worte zur Erklärung an [1]).

„Im Gestell des Hochofens werden zwischen den Formen die Kohlen ganz und gar nicht angegriffen. Man kann sich in den Räumen zwischen den Formen eine Säule oder eine Pyramide von Kohlen vorstellen, welche sich gegen die Wandung stützt und sich nicht bewegt, weil weder Sauerstoff noch Kohlensäure in sie eindringt. Dort sammelt sich auch Erz, vielleicht in teigigem Zustande an. Unter solchen Umständen kann eine Veränderung dieses gleichsam ruhenden Gasreservoirs nur sehr langsam stattfinden. Das Gas bleibt reich an Kohlenoxyd (in Folge der Einwirkung zwischen Kohle und hierher gelangten unreducirten Erzes) bis zu einer gewissen Höhe über der Form. Der Windstrom nämlich, durch die Formen in das Innere des Gestelles vorgedrungen, presst das in diesen Räumen enthaltene Gas zurück. Hat der Windstrom aber in einer gewissen Höhe seine lebendige Kraft verloren, so dehnen sich die Gase aus und zwar bis zur Wandung, und nun ist der Weg an den Wandungen wegen des geringsten Widerstandes der festen Massen auch der leichteste und der Gasstrom steigt hier schneller als in der Mitte auf."

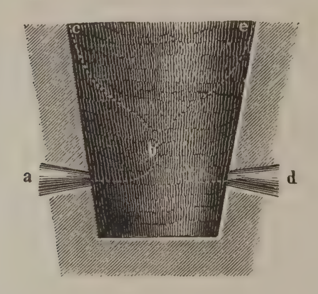
Man kann aus den Figuren 164 und 165 (a. f. S.) dies Verhältniss sehr deutlich ersehen.

---

[1]) Schriftl. Mittheil. des Herrn Rinman an den Bearbeiter, d. d. Nora Juni 1868.

Fig. 164 zeigt einen Aufriss, Fig. 165 einen Grundriss. Die von den Formen *a* und *d* ausgehenden punktirten Linien *a b c* und *d b e* zeigen die Richtung, in welcher sich die eingeblasene, nachher veränderte

Fig. 164.



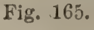
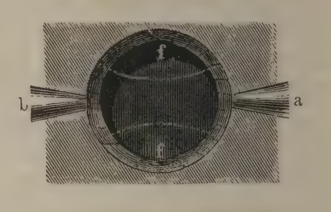


Fig. 165.



atmosphärische Luft während der Periode ihrer grössten Schnelligkeit im Ofen fortbewegt. Die Räume *ff* in Fig. 165 sind diejenigen Räume, in welchen die Gase stagniren, Räume, welche bis zur Höhe von *c* und *e* hinaufreichen. Zu den hier stagnirenden Gasen werden sich auch die durch den Heerd eintretenden sauerstoffreichen Gase gesellen.

Nur von den Grenzen dieser gleichsam als Magazine zu bezeichnenden Räume werden von dem schnell aufsteigenden Gasstrome Theile mitgerissen werden, und so erklärt es sich leicht, dass der Sauerstoffreichthum, welcher in einzelnen Theilen des Hochofengestells herrscht, nicht auch als bleibender Bestandtheil der Gase in höheren Zonen auftritt.

Sauerstoff aus dem Brennmaterial. Da Steinkohlen häufig 4 bis 5, nicht selten 10 bis 11 Proc. und darüber an Sauerstoff enthalten [1]), so ist bei Anwendung roher Steinkohle eine reichliche Quelle für Sauerstoff in den Hochofengasen gegeben. Obwohl ein grosser Theil des in den Steinkohlen enthaltenen Sauerstoffs in Verbindung mit Wasserstoff oder mit Wasserstoff und Kohlenstoff der Regel nach in höheren Zonen des Hochofens in Form von Wasser und anderen condensirbaren Gasarten entweicht und daher in den Analysen des trocknen Gases nicht zum Vorschein kommt, so haftet doch ein kleiner Theil am Kohlenstoff so hartnäckig, dass selbst Koks noch einige Procent Sauerstoff (durchschnittlich 2 bis 2,3 Proc. [2]) enthalten. Es ist daher erklärlich, wenn auch bei Anwendung von Koks selbst in grösseren Tiefen des Hochofens ein Sauerstoffgehalt aus dem Brennmaterial abzuleiten ist.

Aehnlich wie mit den Koks verhält es sich mit den Holzkohlen. Rinman und Fernqvist untersuchten eine Holzkohle von Hammarby [3]),

---

[1]) Conf. Bd. I. der Metall. S. 116 u. f. — [2]) loc. cit. p. 162. — [3]) Undersökningar rör. masugnsgasernas, p. 31 u. f.

welche allerdings noch beträchtliche Mengen nur braungekohlten Holzes enthielt. Diese gab erhitzt zu

	Bestandtheile.	800°	100°	von 100° auf 400°	von 400° auf 800°
Gewichtsprocente	Wasser	8,7 Proc.	—	—	—
	Permanente Gase	7 Proc.	—	—	—
Die permanenten Gase enthielten Volumprocente:	Kohlensäure	36,4	3,2	42,6	37,3
	Kohlenoxyd	24,5	0,5	21,0	18,7
	Sauerstoff	0,9	18,2	2,9	—
	Grubengas	22,5	—	2,2	21,6
	Wasserstoff	8,6	0,6 *)	—	22,4
	Stickstoff	7,1	77,5	25,5	—
	Oelbildendes Gas . . .	—	—	5,8	—

*) An Kohle gebunden.

Eine von Bränden freie Holzkohle zu Forssjö gab bei der Erhitzung auf 800° C. 8 Gewichtsprocent Wasser und 6 Proc. permanentes Gas ab, welches in 100 Vol. bestand aus:

Kohlensäure	34,5	Vol.
Kohlenoxyd . . .	22,5	„
Sauerstoff	0,3	„
Grubengas . . .	20,3	„
Wasserstoff . . .	14,0	„
Stickstoff	8,4	„

In Holzkohlengeneratorgasen fand Rinman auf 100 Vol. Stickstoff

27,8	Vol.	Kohlenstoff,
12,3	„	Wasserstoff,
0,5	„	Grubengas,
29,9	„	Sauerstoff,

also 3,4 Vol. Sauerstoff mehr als in der Luft.

Aehnliche Untersuchungen hatte schon früher Bunsen angestellt, ohne jedoch die Temperaturen anzugeben, welche hierbei angewendet wurden [1]).

Er fand in den von verschiedenen Holzkohlen entwickelten Gasen dem Volumen nach

	I.	II.	III.	IV.
Kohlensäure	23,65	15,96	19,58	35,36
Grubengas	11,00	20,32	20,75	20,78
Kohlenoxyd	15,96	13,62	20,57	14,41
Wasserstoff	49,39	50,10	39,10	29,45

[1]) Erdmann, Journ. f. prakt. Chem. 42, S. 151.

Nr. I. war eine stark gebrannte Buchenkohle,
„ II. „ „ normale Tannenkohle,
„ III. „ „ „ Eichenkohle.
0,650 Gramm derselben lieferten 0,47 Kohle und 70 Cubikcentimeter Gas bei 0° und 0,76 Millimeter Barometerstand.
„ IV. war eine unvollkommene gebrannte Buchenkohle.
0,733 Gramm derselben gaben 0,443 Kohle und 250 Cubikcentimeter Gas bei 0° und 76 Millimeter Barometerstand.

Absorbirter Sauerstoff. Das Verhältniss des Sauerstoffs zum Stickstoff kann sich auch dadurch ändern, dass die flüssigen Massen (Schlacke und Roheisen) beide Gase in verschiedener Menge absorbiren. Genaue Beobachtungen liegen hierüber noch wenig vor und die vorhandenen werden bei der Besprechung der Körper, welche sie absorbiren können, mitgetheilt werden.

Freier Sauerstoff. Der Sauerstoff in den Hochofengasen ist nach den mitgetheilten Analysen stets an Kohlenstoff gebunden. Es ist zwar nicht unwahrscheinlich, dass bei Anwendung roher Brennmaterialien in gewissen Tiefen sich auch Sauerstoff in Verbindung mit Kohlenstoff und Wasserstoff in Form von Essigsäure, Phenyl-, Cresyl- und ähnlichen Säuren vorfindet; aber da diese Stoffe, selbst die Essigsäure, bei höheren Temperaturen und in Gegenwart von starken Basen leicht zerlegt werden, so kann man sie nur in der Nähe der Gicht erwarten.

Freier Sauerstoff kann nur im Focus der Formen und in den heissesten Theilen des Hochofens existiren; im Focus der Formen, weil der Sauerstoff der Luft eine gewisse Zeit braucht, um eine chemische Verbindung mit dem vorhandenen Kohlenstoff einzugehen; in den heissesten Theilen des Ofens überhaupt, weil die hier herrschenden Temperaturen möglicher Weise ein Zerfallen der durch die Verbrennung gebildeten Gasarten, der Kohlensäure und des Kohlenoxyds, bewirken.

Deville machte zuerst auf den letzteren Umstand aufmerksam, welcher bis dahin deshalb ganz unbeachtet geblieben war, weil die getrennten Elemente sich während der der Analyse vorhergehenden Abkühlung der Gase wieder vereinigen. Deville wies nach [1]), dass eine Zerlegung von Kohlenoxyd in Kohlensäure und freien Kohlenstoff selbst in Gegenwart von Kohle stattfinden könne [2]) und dass Kohlensäure selbst bei Ueberschuss von Sauerstoff in hohen Temperaturen in Kohlenoxydgas und freien Sauerstoff zerfallen könne [3]). Cailletet bestätigte Deville's Annahmen durch mehrfache Untersuchungen. Schinz [4]) macht zwar mit Recht aufmerksam, dass diese Untersuchungen keine zuverlässigen Resultate geliefert haben können, da das Verhältniss von Sauerstoff zu Stickstoff nicht das der Luft ist, sondern bedeutend mehr Stickstoff ergiebt, die

---

[1]) Compt. rend. t. LXI. p. 195 u. 322 u. LX, p. 317 u. 884. — [2]) In Zeichen $2\,CO = CO_2 + C$. — [3]) $CO_2 = CO + O$. — [4]) Documente betr. die Hochofen. 1868. S. 37.

Analysen beweisen indessen doch, dass auch im Hochofengestelle, aus welchem 20 Centimeter tief vor der Form Gas entzogen wurde, wirklich freier Sauerstoff vorhanden sein kann. Die Analysen plötzlich abgekühlter Gase [1]) aus dem Hochofen zu Villotte ergaben nämlich bei zwei Versuchen I. und II.:

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Sauerstoff	15,24	15,75	13,15	12,33	8,00	7,30	1,21
Wasserstoff . . .	1,80	—	—	—	—	—	—
Kohlenoxyd . . .	2,10	1,30	3,31	2,10	2,40	4,02	1,42
Kohlensäure . . .	3,00	2,15	1,04	4,20	7,12	7,72	15,02
Stickstoff	77,86	80,80	82,50	81,37	82,48	80,96	82,35

Cailletet fand, dass auch bei Feuerungsanlagen mit geringeren Temperaturen in den Verbrennungsgasen freier Sauerstoff vorhanden sei. Die Gase am Roste eines Schweissofens (III. und IV.) ergaben 13,5 und 12,33 Proc. Die Gase 15 Meter vom Roste entfernt (V. und VI.) noch 8,00 und 7,30 Proc., die letzteren Gase nach langsamer Abkühlung (VII.) dagegen nur 1,21 Proc. Sauerstoff. Da nun die Gase V. und VI. im Mittel 5,3, die Gase VII. aber 8,2 Proc. Kohlenstoff enthalten, so müssen bei plötzlicher Abkühlung 2,9 Proc. Kohlenstoff ausgeschieden worden sein, welche als flüchtiger Kohlenstoff angenommen werden müssen. Es möge noch bemerkt werden, dass die Gase Nro. I. und II. einem Hochofen zu Villotte (Côte d'Or) entnommen wurden, welcher mit Holzkohle und 250° C. heissem Winde betrieben wird, als Beschickung ein Gemenge von kieseligem Eisenstein und kalkigem Oolith erhält nnd ein Ausbringen von nur 23 Proc. [2]) ergiebt.

Wenn man nun mit Cailletet aus diesen Versuchen schliessen will, dass in den untersten heissen Theilen des Hochofens überhaupt nur geringe Mengen zusammengesetzter Gase vorkommen können, so würde man annehmen müssen, dass durch die Verbrennung der Kohle in einem verhältnissmässig kalten Windstrom zuerst die zur Zerlegung der zusammengesetzten Gase nöthige Temperatur erzeugt werde, dass in dieser so erzeugten hohen Temperatur freier Sauerstoff existiren könne, dass der letztere ohne Wirkung auf die Kohle aufsteige und sich erst wieder in kühleren Zonen mit dem Kohlenstoff vereinige oder, was gleichbedeutend ist, dass bei einem gewissen Temperaturgrade ein bestimmter Theil des Windstromes ohne Einwirkung auf die Kohle in den Ofen eindringe und in ihm aufsteige, während gleichzeitig bei dem nun herrschenden Temperaturgrade und dem bestehenden Mischungsverhältnisse der Gase ein entsprechender Theil Kohlenstoff gasförmig wird, bis in kühleren Theilen wieder eine Vereinigung eintritt. Wollte man als eigentliche Wärmequelle vor den Formen etwa die Verbrennung von Eisen annehmen (wie z. B. beim Bessemerprocess), so stellte sich dieser Annahme das Factum

[1]) Compt. rend. t. LXII, p. 891. — [2]) Loc. cit.

entgegen, dass bei regelmässigem Ofengange die Schlacke überhaupt kein oder äusserst wenig oxydirtes Eisen enthält. Man ist daher wohl berechtigt zu schliessen, dass nur in kurzer Entfernung vor den Formen jene Dissociationserscheinung auftreten könne und dass die hierdurch, sowie die durch die Reduction der Kohlensäure zu Kohlenoxydgas bewirkte Temperaturerniedrigung sehr bald wieder eine Verbindung des freien Sauerstoffs herbeiführen werde [1]), was natürlich das bereits früher (Seite 213) erörterte Bestehen freien Sauerstoffs neben Kohlensäure und Kohlenoxyd in nächster Umgebung der Verbrennungsräume nicht ausschliesst.

Kohlensäure und Kohlenoxyd.

Allgemeines Verhältniss. Das Verhältniss von Kohlensäure zu Kohlenoxyd würde in den Gasen den Grad der Reduction angeben, wenn erstens die festen Materialien keine Kohlensäure enthielten und zweitens die einmal gebildete Kohlensäure nicht wieder in Kohlenoxyd reducirt werden könnte.

Percy geht über diesen Punkt zwar mit der Bemerkung fort, dass sich die Umwandlung des als wichtigstes Reductionsmittel dienenden Gases, des Kohlenoxydes, in Kohlensäure, ferner die Reduction der letzteren zu Kohlenoxyd bei hinreichender Temperatur in Folge der Gegenwart glühenden Kohlenstoffs, und endlich die Aufnahme von Kohlensäure in die Gase bei der Röstung von Kalksteinen und etwa roh aufgegebenen kohlensauren Eisenerzen von selbst verstehe: es scheinen diese Punkte indessen um so mehr einer näheren Betrachtung vom theoretischen Gesichtspunkte aus werth, als ihre richtige Würdigung auch von Einfluss auf die Praxis des Hochofenbetriebes sein muss.

Im Allgemeinen ergeben die Analysen, wie die Tabelle A. zu Seite 273 zeigt, dass der Kohlensäuregehalt der Gase schon in nächster Nähe der Form ein sehr geringer ist [2]).

Sowohl die mit Holzkohlen betriebenen Oefen von Clerval, Hammarby, weniger der von Forssjö, ferner die mit Koks betriebenen Oefen von Vienne, Ponte l'Evêque, Seraing und der mit Steinkohlen betriebene von Alfreton zeigen dies Verhältniss, da an den Formen und zum Theil einen beträchtlichen Theil des Ofenschachtes hinauf die Kohlensäure kaum 1 Vol., nur bei Forssjö 2,3 Vol. auf 100 Vol. Stickstoff beträgt. Der Ofen zu Wrbna macht die einzige Ausnahme mit einem über 17 Vol.

---

[1]) Das Verhältniss ist im Hochofen offenbar ein ganz anderes als beim Flammofen, wo die mit freiem Sauerstoff gemischten Gase nicht mehr mit Kohle in Berührung kommen, wo daher bei allmäliger Abkühlung einfach jene von Bunsen untersuchten stufenweisen Verbrennungserscheinungen (vergl. S. 213) auftreten. — [2]) Wobei man natürlich von den Tümpelgasen absehen muss.

betragenden Kohlensäuregehalt. Es ist daher der schon nach der ersten Untersuchung von Bunsen aufgestellte Satz: „Der durch das Gebläse in den Ofen eingeführte Sauerstoff verbrennt, fast unmittelbar über der Form, vollständig zu Kohlenoxyd“ ein durchaus richtiger [1]).

In höheren Regionen finden wir mancherlei Abweichungen. Beim Veckerhagener Ofen schwankt der Kohlensäuregehalt ohne Regel, ähnlich bei denen von Bärum und Alfreton. Bei allen übrigen Oefen zeigt sich im Allgemeinen entweder ein stetiges Steigen des Kohlensäuregehaltes von der Form bis zur Gicht, oder es zeigt sich anfänglich eine geringe Abnahme oder auch ziemliches Constantbleiben der Kohlensäure in den tieferen Regionen und dann eine regelmässige Zunahme derselben bis zur Gicht (mit Ausnahme der Gichtgase selbst, welche zuweilen wieder ärmer daran sind).

Was das Kohlenoxyd anbetrifft, so bildet dieses in den meisten Fällen die beinahe ausschliessliche Zusammensetzung der Gase neben Stickstoff in der Nähe der Formen, und nimmt dann (wieder mit Ausnahme der Gichtgase selber) um so mehr ab, je höher die Entnahmestelle der Gase über den Formen liegt. Diese regelmässige Abnahme zeigt sich bei den Hochöfen zu Clerval, Hammarby, Harnäs, Audincourt, Vienne und Seraing, weniger regelmässig bei den Hochöfen von Bärum, Wrbna, Forssjö, Hasselfors und Pont l'Evêque, wogegen die von Veckerhagen und Alfreton, wenn man bei letzterem von den Gasen der Formgegend absieht, einen unter stetem Auf- und Abschwanken im grossen Durchschnitt gleichbleibenden Gehalt an Kohlenoxyd aufzuweisen haben.

Entstehung von Kohlensäure und Kohlenoxyd. Die Kohlensäure kann im Hochofen folgende Quellen haben: Sie entsteht vor den Formen durch directe Verbrennung, sie bildet sich vielleicht (wenn Deville's Ansichten für den Hochofen richtig sind) durch Ausscheidung von Kohlenstoff aus Kohlenoxydgas, sie geht aus der Oxydation des Kohlenoxydgases durch den Sauerstoff der Erze hervor, sie entwickelt sich aus den kohlensäurehaltigen festen Materialien und gelangt endlich in kleinen Mengen mit der Gebläseluft in den Ofen; da die Luft indessen kaum 0,04 Vol.-Proc. Kohlensäure enthält, so kann diese letzte Quelle ganz ausser Betracht bleiben. Das Kohlenoxyd hat folgende Entstehungsarten: Es entsteht bei der Verbrennung unmittelbar [2]), es bildet sich vielleicht durch Dissociation der bei der Verbrennung erzeugten Kohlensäure, es ist ein Product der Kohlenstoffaufnahme in die Kohlensäure, es ist ein Product der Einwirkung festen Kohlenstoffs auf den Sauerstoff der festen oder flüssigen Massen. Das Verhältniss von Kohlenoxyd und Kohlensäure in den Hochofengasen aus den verschiedenen Tiefen des Schachtes zeigt, dass die Quellen für die Kohlensäurebildung von der

[1]) Op. cit. S. 171. — [2]) Siehe S. 213.

Form zur Gicht zunehmen, die für die Kohlenoxydgasbildung abnehmen.

Tunner gründete auf dieses Verhältniss im Gegensatz zu Karsten, welcher die Hauptquelle des Kohlenoxydgases der oberen Schachträume in dem Reductionsprocesse der Kohlensäure sah, den Satz: Die Hauptquelle des Kohlenoxydgases, wie der für den Hochofenprocess nöthigen Wärme ist der unterste Raum des Hochofens [1]. „Wollte man demnach," fährt Tunner fort, „in den untersten Raum eines Hochofens in Gasgeneratoren erzeugtes und wieder abgekühltes Kohlenoxydgas in grösserer Menge einführen, um an Brennmaterial zu sparen, so würde man dadurch allenfalls die Reduction in den oberen Räumen unterstützen, aber in den unteren Räumen nicht die nöthige Temperatur erhalten können, wie dies in der That bei Versuchen in St. Stefen der Fall war, wo man das dem Hochofen selbst, und zwar im Kohlensack entnommene, noch ganz heisse Kohlenoxydgas bei den Formen wieder in den unteren Raum zurückgeführt hatte [2]."

Wäre dieser Satz nicht richtig, sondern fände eine Reduction der (durch die Reduction des Eisenoxyds gebildeten) Kohlensäure durch den festen Kohlenstoff in grösserem Maasse statt als ihre Bildung, so würde der Kohlenoxydgasgehalt von der Form zur Gicht steigen, nicht sinken dürfen. In wie weit die vorhandene Kohlensäure aus der Reduction des Erzes durch Kohlenoxyd oder direct aus den Erzen und Zuschlägen stammt, lässt sich gewöhnlich nicht angeben. Nur bei dem Hochofen zu Harnäs, in welchem die festen Materialien keine Kohlensäure enthielten, giebt die Menge der Kohlensäure zugleich den Grad der Erzreduction an.

Kohlenoxyd aus directer Reduction von Erz. Während der grössere Theil des Sauerstoffs aus den Erzen durch das sich dadurch in Kohlensäure verwandelnde Kohlenoxyd entzogen wird, kann eine Reduction des Erzes auch durch directe Einwirkung festen Kohlenstoffs entstehen. Es unterliegt keinem Zweifel, dass namentlich in tieferen Theilen des Ofens, in denen sich oxydirtes Eisen, sei es in freiem Zustande, sei es an Kieselsäure gebunden in einem teigigen Zustande vorfindet, eine derartige directe Einwirkung vor sich geht. In diesem Falle wird gleichzeitig der Sauerstoffgehalt und der Kohlenstoffgehalt der Gase vermehrt. Da indessen dasselbe geschieht, wenn einmal gebildete Kohlensäure durch

[1] Tunner, Jahrb. IX, S. 317. — [2] Es ist bereits früher darauf aufmerksam gemacht, dass man bei diesen und ähnlichen Versuchen stets auch auf den Stickstoffgehalt Rücksicht nehmen muss, welcher auf diese Weise sich im Ofen gleichsam concentrirt. Will man dagegen, wie Schinz (Documente des Hochofens) es vorgeschlagen hat, eine Verringerung des Stickstoffgehalts herbeiführen, dann müsste man ein von Stickstoff freies Kohlenoxyd, d. h. also ein aus reiner Kohlensäure durch Reduction erzeugtes Gas mit der zu seiner Verbrennung nöthigen Luft in den Hochofen durch die Formen einblasen. Die Erzeugung eines solchen stickstofffreien Kohlenoxydgases dürfte indessen schwerlich ökonomische Vortheile bieten.

Aufnahme von Kohlenstoff aus dem Brennmaterial wieder in Kohlenoxyd übergeführt wird und dieses neue Theile Erz reducirt, so lässt sich aus der Zusammensetzung der Gase nicht ermitteln, welcher von beiden Fällen oder in welchem Maasse jeder von beiden Fällen eingetreten sei [1]).

Kohlenoxydmenge an der Gicht. Es ist interessant zu beobachten, wie gleichmässig im Durchschnitt der Kohlenoxydgehalt der Gase nahe an der Gicht (ungefähr in $^1/_{10}$ der Ofenhöhe von Oben) ist. Es kommen auf 100 Vol. Stickstoff

bei	Veckerhagen	38,8
„	Clerval	40,7
„	„	43,1
„	„	40,7
„	Hammarby	41,2
„	Forssjö	46,5
„	Hasselfors	41,8
„	Harnäs	43,3
„	„	44,9
„	„	43,3
„	Audincourt	45,4
„	Vienne	41,6
„	Pont-l'Evêque	45,4
„	Seraing	50,6
„	Alfreton	47,0

Allein der Ofen von Bärum macht eine Ausnahme und weist nur 12,5 Vol. Kohlenoxyd auf. Hieraus ergiebt sich, dass bei einem geregelten Hochofenbetrieb im Allgemeinen der chemische Vorgang ganz derselbe und unabhängig von Höhe, Schnelligkeit des Ganges u. s. w., dass daher die absolute Menge des erzeugten und wirksamen Kohlenoxydgases abhängig von der Menge des eingeblasenen Windes ist, der Hochofenbetrieb also um so vortheilhafter in Bezug auf Brennmaterialverbrauch sein muss, je mehr Wind in gleicher Zeit eingeblasen wird. Es ergiebt sich daraus ferner, dass die Höhe des Hochofens an sich ganz gleichgültig ist, dass aber eine grössere Höhe desselben, da sie einen schnelleren Gang ermöglicht, vorzuziehen sein wird und ihre Grenze nur in anderen Dingen, wohin namentlich Zerdrückbarkeit der Materialien gehört, findet.

Unter sonst gleichen Verhältnissen und abgesehen von der durch die Kohlensäure der Schmelzmaterialien bedingten Aenderung der Gaszusammensetzung wird ein Hochofenbetrieb um so besser sein, je gerin-

[1]) Es lassen sich beide Fälle durch folgende Zeichen veranschaulichen, in denen das vorhandene Gasgemenge durch CO_2 ausgedrückt werden möge:

1) $CO_2 + \left\{\begin{array}{l}\text{C (aus dem Brennmaterial)}\\ \text{O (aus dem Erze)}\end{array}\right\}$ directe Reduction.

Vermehrung C + O.

2) CO_2 + C (aus dem Brennmaterial) = 2 CO
O (aus dem Erz) . . . . . + 2 CO = 2 CO_2 } indirecte Reduction.

Vermehrung C + O.

ger der Kohlenoxydgehalt der Gase an der Gicht ist; denn da bei der Reduction der Kohlensäure zu Kohlenoxyd durch Kohle Wärme latent wird und diese dem Hochofenprocess verloren geht, da ferner Oxydation des Kohlenoxydgases zu Kohlensäure durch den Sauerstoff der Erze Zweck des ganzen Hochofenprocesses ist, so wird aus beiden Gründen ein geringer Kohlenoxydgehalt an der Gicht ein Beweis einer vortheilhaften Hüttung sein.

Aus diesem Grunde wird man zugeben müssen, dass der Bärum-Ofen und, soweit man, da Gasanalysen aus höheren Ofenschichten fehlen, ersehen kann, in noch höherem Grade der Wrbna- und Kaiser-Franz-Ofen sehr gut geleitet waren.

Vergleicht man übrigens gleiche absolute Höhen über den Formen in verschiedenen Hochöfen mit einander, so wird sich naturgemäss im Durchschnitt bei dem niedrigen Hochofen ein kohlenoxydärmeres Gas in demselben Querschnitt ergeben als bei dem höheren.

Einfluss des Brennmaterials. Im Allgemeinen scheint auf das Verhältniss zwischen Kohlensäure und Kohlenoxyd die Art des Brennmaterials wenig Einfluss zu üben. Nur in der Nähe der Formen muss der Einfluss kein unbedeutender sein, denn je leichter und je poröser ein Brennmaterial ist, um so leichter wird sich auch die einmal gebildete Kohlensäure wieder zu Kohlenoxydgas reduciren. Es wird daher ein Holzkohlenhochofen für dieselbe Menge eines bestimmten Erzes weniger Brennmaterial als ein Koksofen, letzterer weniger als ein Steinkohlenhochofen, namentlich als ein Anthracithochofen, bedürfen.

Die abweichendsten Verhältnisse in höheren Ofentheilen wird naturgemäss ein mit rohem Brennmaterial betriebener Hochofen bieten. Das gegenseitige Verhältniss zwischen Kohlensäure und Kohlenoxyd zeigt sich daher auch am ungleichförmigsten beim Alfreton-Ofen. Bunsen und Playfair geben [1]) dafür folgende Erklärung:

„Um diese Erscheinung zu begreifen," sagen sie, „darf man nur die Verhältnisse etwas näher ins Auge fassen, welchen die Möllerung in dem Ofenschacht ausgesetzt ist. Wir haben angegeben, dass die Steinkohlen den 24 Fuss langen Weg von der Ofenmündung bis an die Rast zurücklegen müssen, um ihre flüchtigen, kohlenstoffhaltigen Producte und sowohl das hygroskopisch darin enthaltene, als auch das bei der Destillation daraus gebildete Wasser abzugeben. Wenn wir nun auch annehmen, dass die in diesem Theile des Ofens herrschende Temperatur durch den ununterbrochen vor sich gehenden Gasificationsprocess nicht so tief erniedrigt ist, dass die Reduction des Eisenerzes dadurch verhindert wird, so würde dessenungeachtet diese Reduction der Erze, durch welche das Kohlenoxyd in Kohlensäure verwandelt und das gegenseitige Abhängigkeitsverhältniss dieser Gase herbeigeführt wird, keineswegs in dieser oberen

[1]) Erdmann, Journ. f. prakt. Chem. S. 267.

Hälfte des Ofens ihren regelmässigen Fortgang nehmen können. Die Erze befinden sich nämlich bei ihrem Durchgange durch den Ofenschacht zugleich unter dem reducirenden Einflusse der Ofengase und der oxydirenden Einwirkung des fortwährend aus den inneren, noch nicht verkokten Theilen der grossen Steinkohlenstücke hervordringenden Wasserdampfes. Sie sind daher fortwährend localen Oxydations- und Reductionsprocessen unterworfen, die das Verhältniss zwischen Kohlensäure, Kohlenoxyd und Wasserstoff von localen Einflüssen abhängig machen."

Auffallende Abweichungen. Einzelne auffallende Abweichungen, wie z. B. das Verhältniss von Kohlensäure zum Kohlenoxyd in Tabelle I. Nro. 6 sind aus den verschiedenen Zeiten der Gasentnahme zu erklären. Sobald einmal einige Erzstücke in tieferen Zonen vorrollen, wird sich dort ein verhältnissmässig an Kohlensäure sehr reiches Gasgemenge vorfinden, ohne dass hieraus ein richtiger Schluss auf die Vorgänge im Hochofen gezogen werden kann.

Verschiedene Verhältnisse in demselben Querschnitte. Es ist bereits [1]) auf den abweichenden Gehalt der Gase an Kohlenoxyd und Kohlensäure in den verschiedenen Theilen desselben Horizontalquerschnittes eines Hochofens hingewiesen und das Verdienst Rinman's, auf diese Thatsache aufmerksam gemacht, den Beweis für dieselbe durch gleichzeitige Gasentnahmen vom Inneren und von den Wänden des Hochofens geführt und die richtigen Gründe aufgefunden zu haben, anerkannt worden. In den unteren Regionen des Hochofens von Harnäs zeigte sich bei ein und demselben Versuche in $^{17}/_{100}$ der Höhe über den Formen der Kohlenoxydgasgehalt auf 100 Vol. Stickstoff in der Mitte des Ofens durchschnittlich um 6,3 Vol., der Kohlensäuregehalt dagegen um nur 0,7 Vol. grösser als an der Wand; in $^{58}/_{100}$ der Höhe war der Kohlenoxydgasgehalt in der Mitte um 5,8 Vol. auf 100 Vol. Stickstoff geringer, der Kohlensäuregehalt um 5,2 Vol. grösser als an der Wand, mit anderen Worten: die Gase waren in den oberen Theilen des Ofens an den Wänden reicher an reducirendem und ärmer an oxydirtem Gase, sie entsprachen daher einem tieferen Querschnitte, eine Folge ihrer grösseren Geschwindigkeit, während im unteren Theile das umgekehrte Verhältniss stattfand. Dasselbe zeigt sich beim Hochofen zu Hammarby, wo in der Höhe der Gasentziehung, d. h. bei $^{75}/_{100}$ der Höhe über den Formen der Kohlenoxydgasgehalt auf 100 Vol. Stickstoff in der Mitte des Ofens sogar um 14,6 Vol. grösser als an der Wand war [2]). Das wechselnde Verhältniss an Kohlenoxyd in den einzelnen Theilen des Ofengestells findet ausserdem in dem Eindringen sauerstoffreicher Gase durch den Tümpel hinreichende Erklärung.

[1]) Seite 278 u. Seite 280. — [2]) Das widersinnige Verhältniss in etwas grösserer Höhe desselben Ofens ist eine natürliche Folge der Gasentziehung.

Kohlenstoffgehalt in der Kohlensäure und dem Kohlenoxyde der Hochofengase.

Die nebenstehende Tabelle B. zeigt unter den mit C. bezeichneten Rubriken die Menge des in dem Kohlenoxydgase und der Kohlensäure enthaltenen Kohlenstoffs auf 100 Vol. Stickstoff, natürlich als Dampfvolumen (vergl. S. 216) gedacht.

Entstehung. Der grösste Theil des Kohlenstoffgehalts kommt bei der Verbrennung des Brennmaterials vor der Form und der Reduction der dort gebildeten Kohlensäure durch Kohlenstoff bereits in den tiefsten Regionen des Hochofens in die Gase. Ein weiterer Theil tritt in höheren Zonen des Hochofens durch Reduction der bei der Reduction der Erze neu gebildeten Kohlensäure zu Kohlenoxydgas oder durch die directe Reduction der Erze vermittelst festen Kohlenstoffs hinzu; der Rest entsteht grösstentheils aus der Kohlensäure, welche Erze und Zuschläge, und ein geringer Theil noch aus den kohlehaltigen Gasen, welche die Brennmaterialien bei ihrer Erhitzung abgeben. Beim ersten Blick auf diese Tabelle muss die Gleichmässigkeit des Kohlegehaltes in den Gasen von Form bis Gicht auffallen. Dieser Gehalt schwankt meist nur um 2 bis 3 Vol. auf 100 Vol. Stickstoff. Käme kein Kohlenstoff aus der Kohlensäure der Materialien zu den Gasen, so würde ein vollständiges Gleichbleiben des Kohlenstoffgehalts in allen Theilen des Hochofens bedeuten, dass die durch Verbrennung vor der Form resp. Verbrennung und gleichzeitige Reduction zu Kohlenoxyd erzeugten Kohlensäure- und Kohlenoxydgase ihr gegenseitiges quantitatives Verhältniss nur in dem Maasse verändern, als aus dem Kohlenoxyde durch Sauerstoffaufnahme aus dem Erze Kohlensäure gebildet wird, dass aber weder Kohlensäure durch Kohlenstoffaufnahme wieder in Kohlenoxyd reducirt wird, noch eine directe Reduction des Erzes durch festen Kohlenstoff stattfindet. Es wird weiter unten gezeigt werden, wie es möglich ist, aus den Gasanalysen unter Zugrundelegung der Zusammensetzung der aufgegebenen festen Materialien das Verhältniss zwischen dem vor der Form und in höheren Zonen des Ofens verzehrten Kohlenstoff zu berechnen. Es ergiebt sich dann, dass z. B. bei dem Hochofen zu Clerval gar keine Kohle, im Hochofen zu Hammarby 7 Proc., im Hochofen zu Forssjö im Ganzen 14 Proc.[1]) der gesammten Kohlenmenge zur directen Reduction des Erzes und der Reduction der Kohlensäure zu Kohlenoxyd oberhalb der Form verbraucht wurden.

Ein directer Beweis der Kohlenstoffzunahme aus diesen Gründen wird beim Hochofen zu Harnäs geliefert, wo geröstete Magneteisensteine ohne Zuschlag aufgegeben wurden; hier kann keine Kohlensäure aus der Be-

[1]) Und zwar in der oberen Hälfte des Ofens schon ein bedeutender Theil, in den unteren $^2/_{10}$ der Ofenhöhe nur 4 Proc.

Tabelle **B** (zu Seite 290 u. 291).

Kohlenstoffgehalt der Kohlensäure und des Kohlenoxydes, sowie Wasserstoffgehalt in den Gasen der Hochöfen zu:

Gesammthöhe des Ofens von Form bis Gicht.	Originalmaass.	Meter.
I. Veckerhagen. (Preussen)	$20^3/_4$' Kurhessisch.	5,97m
II. Bärum. (Norwegen)	28' Preuss.	8,79m
III. Clerval (1841). (Frankreich)	8,23m	8,23m
IV. Clerval (1848). (Frankreich)	9,60m	9,60m
V. Wrbna. (Oesterreich)	34' 4" Oesterr.	10,85m
VI. Kaiser Franz. (Oesterreich)	38' Oesterr.	12,01m
VIII. Hammarby. (Schweden)	40,25' Schwed.	11,95m
IX. Förssjö. (Schweden)	42,25' Schwed.	12,54m
X. Hasselfors. (Schweden)	33,25' Schwed.	9,87m
XI. Harnäs b. Dannemora. (Schweden)	40,5' Schwed.	12,02m
XII. Audincourt. (Frankreich)	10,55m	10,55m
XIII. Vienne. (Frankreich)	9,76m	9,76m
XIV. Pont - l'Evêque. (Frankreich)	10,5m	10,5m
XV. Seraing. (Belgien)	47' 4" Engl.	14,43m
XVI. Alfreton. (England)	36' 1" Engl.	11,0m

Gichtniveau. — In 100 Theilen. — Formenniveau.

Values listed from Gichtniveau down to Formenniveau:

I. Veckerhagen.

C	H
46,4	2,1
27,8	2,0
21,9	0,9
26,8	2,8
25,7	3,4
28,1	0,2
25,1	1,6

II. Bärum.

C	H
23,4	2,3
26,7	4,0
24,5	7,1
26,0	1,7
21,9	5,9
24,7	4,6

III. Clerval (1841).

C	H	
31,5	10,1	An der Gicht.
23,8	7,9	
31,3	9,3	
31,3	6,4	
29,6	5,9	
27,7	3,0	
36,9	2,5	
54,1	2,6	Am Tümpel.

IV. Clerval (1848).

C	H	
32,0	9,1	
30,5	7,4	
29,3	5,0	
29,2	4,5	
28,2	1,7	
28,1	1,7	
30,6	1,8	
35,0	1,3	Am Tümpel.

V. Wrbna.

C	H
20,9	—
20,1	—
22,6	—
25,0	—
25,4	—

VI. Kaiser Franz.

C	H
21,7	—

VIII. Hammarby.

C	H	
32,6	13,6	An der Gicht.
35,3	10,1	
31,6	8,3	Wand.
33,0	16,6	
34,0	11,0	Mitte. Oben.
29,5	7,7	Gasleitung.
31,6	2,8	Am Tümpel.

IX. Förssjö.

C	H	
33,0	13,9	
26,3	10,8	
32,0	8,3	
30,4	7,7	Gasleitung.
32,2	4,7	
29,1	8,3	
30,8	1,6	
28,9	3,2	
28,2	3,8	
31,6	2,6	Am Tümpel.

X. Hasselfors.

C	H	
30,9	8,0	
33,6	10,2	
30,6	5,0	
28,4	4,2	
28,2	2,5	
185,8	9,1	Am Tümpel.

XI. Harnäs b. Dannemora.

C	H	
31,4	7,6	Gasleitung.
29,3	4,9	Wand.
29,0	5,7	Mitte.
26,2	1,6	Wand.
24,1	1,5	Wand.
27,6	0,8	Mitte.

XII. Audincourt.

C	H	
34,0	11,8	An der Gicht.
35,0	13,8	
34,2	9,9	
32,5	7,9	
32,9	7,0	
29,7	2,9	
47,9	1,8	

XIII. Vienne.

C	H	
30,3	4,1	An der Gicht.
27,2	2,8	
26,4	2,1	
30,7	2,3	

XIV. Pont - l'Evêque.

C	H	
28,4	3,2	An der Gicht.
28,5	2,3	
26,6	2,1	
28,9	1,6	
19,7	0,95	
16,4	0,35	

XV. Seraing.

C	H
35,3	5,1
31,7	1,6
28,3	1,1
29,6	3,1
29,7	3,3
41,2	0,46

XVI. Alfreton.

C	H
30,5	12,2
27,1	11,8
30,9	17,7
27,8	24,5
28,1	13,7
25,0	8,0
30,1	8,4
31,0	9,9
32,2	6,9

Die Höhe sämmtlicher Hochöfen vom Formen- bis Gichtniveau ist als gleich angenommen, die zwischen beiden Niveaus liegenden Horizontalstriche bezeichnen die Gasentnahmestellen nach Maassgabe der in den Specialtabellen angegebenen Distanzen.

hlenox

III.

harby.
eden)

chwed.

n

H

13,6

Gicht.

10,1

d.

8,3

[1]) Und zwar in der oberen Hälfte des Ofens schon ein bedeutender Theil, in den unteren $^{2}/_{10}$ der Ofenhöhe nur 4 Proc.

schickung zu den Gasen hinzugekommen sein, und es muss, und zwar noch in sehr hohen Regionen des Ofens, ein wenn auch geringer Theil der Kohlensäure wieder in Kohlenoxyd umgewandelt sein oder eine directe Reduction des Erzes stattgefunden haben, da der aus den gasförmigen Producten der Kohle gewonnene Kohlenstoff den Gesammtzuwachs an Kohlenstoff in den Hochofengasen nicht deckt.

Abnahme des Kohlenstoffgehaltes. Eine Abnahme des Kohlenstoffgehaltes der Gase ist ein Beweis von Festwerden des Kohlenstoffs, oder von Absorption kohlenstoffhaltiger Gase durch die flüssigen Massen. Ersteres kann durch zwei Ursachen, durch Dissociation von Kohlenstoff aus Kohlenoxyd und Kohlensäure, oder durch Kohlung des reducirten Eisens, d. h. die Umwandlung desselben in Roheisen durch den Kohlenstoff der Gase geschehen. Die meisten Analysenreihen, wie die von den Oefen zu Bärum, Clerval, Wrbna, Hammarby, Hasselfors, Vienne, Seraing und Alfreton, zeigen eine Verringerung des Kohlenstoffgehalts in den tiefsten Theilen, bei anderen sind nicht hinreichend viele Gase für eine Beurtheilung entnommen worden, und nur der Ofen von Pont-l'Evêque widerspricht doch auch nur scheinbar der Regel, denn wenn man von den wenig maassgebenden Analysen der Gase aus der Nähe des Tümpels absieht, findet auch hier eine Abnahme des Kohlenstoffgehalts bis zu $^3/_{10}$ der Höhe statt. Die Dissociation kann, wie bereits ausgeführt, keinen bedeutenden Einfluss auf die gefundene Zusammensetzung der Gase ausüben; eine Aufnahme kohlenstoffhaltiger Gase in das flüssige Roheisen findet nur in sehr geringem Maasse statt; die Abnahme des Kohlenstoffs ist daher im Wesentlichen der Kohlung des Eisens zuzuschreiben.

Wasserstoff der Hochofengase.

In allen Analysen, in welchen Wasserstoff bestimmt wurde, ward er auch in der That gefunden und zwar in allen Tiefen des Ofens. Er hat seinen Ursprung wesentlich in dem Wasser der Luft und in dem Wasserstoffgehalt der Brennmaterialien. Eine Zersetzung des mit den festen Materialien in den Ofen gelangenden hygroskopischen Wassers oder des Hydratwassers (bei Brauneisenerzen) kann nicht stattfinden, da die Temperaturen, bei denen dieses Wasser ausgetrieben wird, nicht zur Zersetzung desselben ausreichen. Der Wasserstoffgehalt nimmt naturgemäss im Allgemeinen von der Form zur Gicht (oder bis zur Gasentziehung) zu. Dieser Annahme entsprechen im Allgemeinen die Gasanalysen von Clerval, Hammarby, Hasselfors und Harnäs, weniger die von Forssjö und Veckerhagen, gar nicht die von Bärum. Diese Verhältnisse sind in der Tabelle B. zu Seite 290 unter der Rubrik H. übersichtlich zusammengestellt.

Den Wasserstoffgehalt an den Formen darf man zum grössten Theil dem Wassergehalt der Luft zuschreiben und erhält dann als Hälfte desselben den zugehörigen Sauerstoffgehalt. Dieser Wasserstoffgehalt ent-

spricht zugleich der Wasserdampfmenge auf 100 Vol. Stickstoff in der Atmosphäre. Nimmt man die mittlere Zusammensetzung der letzteren zu

78,492	Vol.-Proc.	Stickstoff,
20,627	„	Sauerstoff,
0,840	„	Wassergas,
0,041	„	Kohlensäure etc.

an [1]), so kommen auf 100 Vol. Stickstoff allerdings nur 1,07 Wassergas und also eben so viel Wasserstoffgas.

Den höheren Wasserstoffgehalt in der Nähe der Form kann man indessen ohne Bedenken durch Zersetzung des Wasserdampfes erklären, welcher von dem feuchten Gestübbe am Tümpel, aus den Verschlüssen und Dichtungen der Formen mit nassem Thon und ähnlichen Substanzen in den Heerd dringt.

In den höheren Ofentheilen rührt eine Zunahme des Wasserstoffgehalts wohl ausschliesslich aus den Destillationsproducten des Brennmaterials, namentlich in Folge der Dissociation der Kohlenwasserstoffe. Der hohe Wasserstoffgehalt in den Gasen des mit rohen Steinkohlen betriebenen Hochofens zu Alfreton kann daher nicht auffallen. Merkwürdiger ist der oft sehr hoch steigende Gehalt an Wasserstoff in Oefen, welche mit verkohltem Brennmaterial betrieben werden. Wenn auch hinsichtlich der Analysen des Ofens von Clerval (1841) wegen der analytischen Methode Ebelmen's einige Zweifel herrschen könnten, da, wie Bunsen nachgewiesen hat [2]), ein geringer Fehler statt eines Gehalts von 5,82 Proc. Wasserstoff, einen Gehalt von 3,09 Proc. Grubengas und 0,00 Proc. Wasserstoff geben kann, so haben doch die sorgfältigen Analysen Rinman's die Möglichkeit eines noch höheren Wasserstoffgehalts nachgewiesen.

Bei den meisten Oefen zeigt sich eine Verminderung des Wasserstoffgehalts in der oberen Hälfte des Schachtes.

Nimmt man an, dass der Wasserstoff als starkes reducirendes Agens sich mit dem Sauerstoff der Erze verbindet, so muss doch in Folge der sofort wieder eintretenden Zersetzung des gebildeten Wasserdampfes durch die glühenden Kohlen das alte Verhältniss so lange wieder hergestellt werden, bis in höheren Zonen die Temperatur so weit gesunken ist, dass zwar eine Erzreduction, aber keine Wasserzerlegung mehr stattfindet, wonach dann der Wasserdampf in den Gasen als solcher, nicht mehr in Form von Wasserstoff und an Kohle gebundenem Sauerstoff erscheint. Müller [3]) hat nachgewiesen, dass Brauneisenerz schon bei 277°, feuchtes Eisenoxyd bei 285°, stark geglühtes Eisenoxyd bei 315° C. durch Wasserstoff reducirt wird.

Ob eine Wasserstoffverminderung auch dadurch entsteht, dass die Kohle in höheren Zonen des Ofens Wasserstoff absorbirt und ihn erst in tieferen Zonen wieder abgiebt, oder dadurch, dass der Wasserstoff durch die Wände des Hochofens diffundirt, darüber liegen noch keine Erfahrungen vor.

---

[1]) D. h. einer Temperatur von 20° entsprechend (vergl. S. 79). — [2]) Erdmann's Journ. f. prakt. Chem. 42, S. 153. — [3]) Poggend. Annal. 1869. Nr. 1.

Kohlenwasserstoff in den Hochofengasen.

Kohlenwasserstoffe kommen in den Hochofengasen als Sumpf- und ölbildendes (leichtes und schweres) Kohlenwasserstoffgas vor. Zuerst von Bunsen entdeckt, wurden sie von Ebelmen bei seinen ersten Analysen übersehen, späterhin aber bei Wiederholung der Untersuchungen gleichfalls nachgewiesen. Leichtes Kohlenwasserstoff kommt meist von 1 bis 4 Vol.-Proc., bei Anwendung roher Steinkohlen im Alfreton-Ofen bis 8,23 Vol.-Proc. vor, ölbildendes Gas zeigte sich nur in dem mit rohen Steinkohlen betriebenen Alfreton-Ofen bis nicht ganz zur Hälfte von der Gicht hernieder, und zwar von oben herab zunehmend bis auf $^4/_{10}$ der Tiefe, dann etwas abnehmend. Offenbar ist dies aus der Destillation der Kohle stammende Gas bei $^5/_{10}$ der Tiefe vollständig ausgetrieben, während etwas höher die stärkste Entwickelung stattfindet. Beim Aufsteigen zersetzt es sich in leichtes Kohlenwasserstoffgas und Kohlenstoff. Das Sumpfgas entwickelt sich dagegen oft noch bis zu einer Tiefe nahe der Form, und zwar bei allen Brennmaterialien, bei Holzkohle sowohl wie bei Koks und Steinkohlen.

Um den Einfluss zu zeigen, welchen bei Anwendung roher Steinkohle deren durch Destillation erzeugte Kohlenwasserstoffe auf die Zusammensetzung der Gichtgase ausüben, untersuchten Bunsen und Playfair die bei dem Hochofen zu Alfreton benutzten Steinkohlen für sich und fanden, dass das Verhältniss der durch Destillation der rohen Steinkohlen gewonnenen Producte zu den durch Verbrennung der rückständigen Koks in der Luft erzeugten Gasen dem Volumen nach folgendes sei:

Durch Verbrennung erzeugte Gase	Stickstoff	62,423
	Kohlenoxyd	32,788
Durch Destillation erzeugte Gase	Kohlenoxyd	0,380
	Grubengas	2,527
	Kohlensäure	0,139
	Oelbildendes Gas	0,151
	Schwefelwasserstoff	0,091
	Wasserstoff	1,431
	Ammoniak	0,070
		100,000

Bunsen zeigte ferner, dass wenn die Destillationsproducte der Steinkohle mit glühenden Kohlen in Berührung kommen, deren flüssige Bestandtheile, Theer und Wasser, durch Zersetzung sich vermindern, und dagegen Kohlenoxyd, Wasserstoff und ölbildendes Gas an ihre Stelle treten. Wenn gegen die Anwendung dieses Erfahrungssatzes auf den Hochofenprocess Ebelmen anführt, dass unmöglich unzersetzte Theerdämpfe in einer Tiefe, in welcher die Kohlen glühen, existiren könnten, so vernachlässigt er die Thatsache, dass die Kohlen in grossen Stücken aufgegeben werden, deren Inneres noch Theerdämpfe entwickeln kann, wenn die Schale schon längst verkokt und glühend ist.

Berechnungen aus der Zusammensetzung der Hochofengase.

Formeln.

1. Berechnung des pro Satz fester Materialien vor den Formen verbrauchten Sauerstoffs und verzehrten Kohlenstoffs. Wird mit O die Gewichtsmenge Sauerstoff bezeichnet, welche in einem Satz fester in den Hochofen geschütteter Materialien enthalten ist, ferner mit s das Sauerstoffvolumen, welches im Gebläsewinde auf 100 Vol. Stickstoff kommt, und mit S das Sauerstoffvolumen, welches in den Gichtgasen auf 100 Vol. Stickstoff enthalten ist, so ergiebt sich die Gewichtsmenge Sauerstoff, welche aus der Gebläseluft einem Satze fester Materialien entspricht aus der Gleichung:

$$(S - s) : O = s : x.$$

Dies x braucht vor den Formen $^6/_8\, x$ an Kohlenstoff zur Bildung von Kohlenoxydgas.

2. Berechnung des Gesammtverbrauchs an Kohlenstoff. Nimmt das aus jedem Satz erzeugte Roheisen c Gewichtstheile Kohlenstoff auf und werden ζ Gewichtstheile Kohlenstoff zur directen Erzreduction (durch feste Kohle oder durch vermittelst fester Kohle zu Kohlenoxyd reducirtes Kohlensäuregas) verbraucht, so ist $(^6/_8\, x + c + \zeta)$ der überhaupt verbrauchte Kohlenstoff. Ist nun Z der Kohlenstoffgehalt der pro Satz aufgegebenen Brennmaterialien (nach Abzug von Asche und flüchtigen Gasen), so bedeutet $Z - (^6/_8\, x + c + \zeta)$ den effectiven Verlust an Kohle (hervorgerufen durch Verstäuben, mechanische Fortführung durch die Gichtgase, Abscheidung aus Kohlenoxyd in hoher Temperatur u. s. w.).

3. Sauerstoffgehalt der Gase von der Erzreduction. $(S - s)$ ist das nicht aus der Gebläseluft stammende Sauerstoffvolumen pro Satz. Die Gewichtsmenge O ist die Summe von dem Sauerstoff o', welcher in der Kohlensäure der Erze und Zuschläge enthalten ist, dem Sauerstoff o'', welcher in der Kohlensäure der Kohlen [1]), dem Sauerstoff o''', welcher in dem Kohlenoxyd [1]) der Kohlen enthalten ist, und dem Sauerstoff des Erzes (Oxydsauerstoff) o''''.

Das nicht aus den Erzen und nicht aus der Gebläseluft stammende Sauerstoffvolumen pro 100 Vol. Stickstoff ist demnach

$$\frac{(o' + o'' + o''')\,(S - s)}{O} = A,$$

[1]) Vergl. Seite 281.

das aus den Erzen herrührende Sauerstoffvolumen auf 100 Vol. Stickstoff $= (S - s) - A = \Omega$.

4. Kohlensäure aus der Erzreduction. In der Kohlensäure der Erze und Zuschläge sind enthalten $\frac{o'(S - s)}{O}$ Vol. Sauerstoff und daher eben so viel Kohlensäure auf 100 Vol. Stickstoff, in der Kohlensäure der Kohlen $\frac{o''(S - s)}{O}$ Vol. Sauerstoff, und daher eben so viel Kohlensäure, also zusammen $\frac{(o' + o'')(S - s)}{O}$ Vol. Kohlensäure. Sind nun in den Gichtgasen K Vol. Kohlensäure auf 100 Vol. Stickstoff enthalten, so müssen $K - \left(\frac{(o' + o'')(S - s)}{O}\right) = K''$ Vol. Kohlensäure aus der Erzreduction entstanden sein.

5. Berechnung der zur directen Erzreduction verbrauchten Kohlenstoffmenge. Im Kohlenoxyd der Brennmaterialien sind o''' Gewichtstheile Sauerstoff oder $\frac{o'''(S - s)}{O}$ Vol. Sauerstoff auf 100 Vol. Stickstoff, d. h. $2 \cdot \frac{o'''(S - s)}{O}$ Vol. Kohlenoxyd enthalten. Ist das Kohlenoxydgasvolumen auf 100 Vol. Stickstoff in den Gasen $= k$, so müssen, da $2s$ das vor den Formen auf 100 Vol. Stickstoff erzeugte Kohlenoxydgasvolumen ist, $2s - \left[k - 2 \cdot \frac{o'''(S - s)}{O}\right] = k''$ Vol. Kohlenoxyd durch Erzreduction in eben so viel Kohlensäure umgewandelt worden sein. Die Differenz $K'' - k''$ giebt daher das Kohlensäurevolumen an, welches aus directer Reduction des Erzes durch Kohle, beziehungsweise durch vorher aus Kohlensäure vermittelst fester Kohle reducirtes Kohlenoxyd entstanden ist. Ist $K'' - k'' = 0$, so ist keine solche directe Reduction eingetreten. K'' kann natürlich niemals kleiner als k'' sein.

Beispiel (Hochofen zu Hammarby).

Diese Rechnungen lassen sich am besten an einem Beispiel erläutern und es möge hierzu die von Rinman gelieferte Berechnung der Gasanalysen des Hochofens zu Hammarby dienen.

Die Beschickung, welche S. 243 angegeben ist, liefert beim Erhitzen an Gasen von jedem Satze:

Pos.	Material.	Kohlensäure. Gew.-Thle.	Kohlenoxyd. Gew.-Thle.	Sauerstoff. Gew.-Thle.	Kohlenstoff. Gew.-Thle.
1.	Erz u. Zuschläge .	70	—	51	19
2.	Holzkohle [1]) . . .	13,4	—	9,8	3,6
		—	6,6	3,9	2,1
3.	Erz (Magneteisen).	—	—	139,0	—
4.	Zusammen	—	—	203,7 (O)	24,7

In den Gasen ist enthalten auf 100 Vol. Stickstoff:

Pos.	Gasart.	Volum Sauerstoff. Im Einzelnen:	Volum Sauerstoff. Im Ganzen:	Bemerkungen.
5.	Gichtgas . .	44,6	44,6 (S)	Vergl. Tab. VIII, S. 223.
6.	Gebläsewind	26,5	27,5 (s)	aus der trocknen Luft
		1,0		aus 2 Proc. Feuchtigkeit
7.	Differenz ($S-s$)	—	17,1	d. h. Sauerstoff in den Gichtgasen, welcher nicht vom Winde herrührt.

Hiernach müssen äquivalent sein 17,1 Vol. Sauerstoff = 203,7 Gew.-Thle. Sauerstoff, der Sauerstoff im Gebläse = x ist daher zu finden aus der Gleichung $17{,}1 : 203{,}7 = 27{,}5 : x$ und beträgt 327,7 Gwthle. Auf 327,7 Gwthle. Sauerstoff gehören zur Kohlenoxydgasbildung $^6/_8$ mal so viel = 245,7 Gwthle. reiner Kohlenstoff.

Nimmt man nun nach der Analyse an, dass das Roheisen (welches aus einem Satz erzeugt ist) 16 Gwthl. Kohle aufnimmt und dass (wie nachgewiesen werden wird) 19 Vol. Kohle zu directer Reduction von Erzen verbraucht werden, so erhält man den Gesammtverbrauch ($^6/_8\, x + c + \zeta$) = 280,7 Gwthle. Kohle.

Nach angestellten Ermittelungen ergab sich nach Abzug der flüchtigen Bestandtheile und der Asche der Kohle ein Gewicht pro Satz von 302,4 Gwthln. Kohlenstoff (Z), also 21,7 Gewthle. mehr als aus obiger Rechnung gefunden.

Die 17,1 Vol. Sauerstoff, welche in den Gasen der Gicht allen Sauerstoff repräsentiren, der aus Kohle und Beschickung rührt, lassen sich folgendermassen nachweisen:

---

[1]) Bei Luftabschluss erhitzt.

51 Gewthle. Sauerstoff des Kalksteins (o') geben auf 100 Vol. Stickstoff . . . $\frac{51 \times 17,1}{203,7} = 4,3$ Vol.

9,8 Gewthle. Sauerstoff der Kohlensäure der Kohlen (o'') geben auf 100 Vol. Stickstoff . . . $\frac{9,8 \times 17,1}{203,7} = 0,9$ „

3,9 Gewthle. Sauerstoff des Kohlenoxyds (o''') geben auf 100 Vol. Stickstoff . . . $\frac{3,9 \times 17,1}{203,7} = 0,3$ „

5,5 Vol. (A).

Mithin bleiben $(S - s) - A = 17,1 - 5,5 = 11,6$ Vol. Sauerstoff für die Erze.

In den Gasen befinden sich auf 100 Vol. Stickstoff 24,0 Kohlensäure (K) und 41,2 Kohlenoxyd (k). Kalkstein und Brennmaterial haben zusammen 5,2 Vol. Kohlensäure. Der Rest, $K'' = 24,0 - 5,2 = 18,8$ Vol., bildet sich daher durch Erzreduction.

Von 41,2 Vol. Kohlenoxyd (k) kommen 0,6 Vol. $\left(\text{d. h. } 2 \cdot \frac{o'''(S-s)}{O}\right)$ aus den Kohlen; der Rest, $= 41,2 - 0,6 = 40,6$ Vol., enthält 20,3 Vol. Sauerstoff und ist um so viel, wie Kohlenoxyd durch Erzreduction in Kohlensäure verwandelt worden, geringer, als die Menge des in der Formnähe erzeugten Kohlenoxyds. An der Form werden mit 27,5 Vol. Sauerstoff (s. oben) $2\,s = 2 \times 27,5 = 55,0$ Vol. Kohlenoxyd erzeugt. Mithin sind $k'' = 55,0 - 40,6 = 14,4$ Vol. Kohlenoxyd durch Erzreduction in Kohlensäure verwandelt. Diese 14,4 Vol. Kohlenoxyd geben ebensoviel Kohlensäure. Nun waren aber als aus Erzreduction hervorgegangene $K'' = 18,8$ Vol. Kohlensäure gefunden, folglich 4,4 Vol. mehr. Diese müssen in Folge directer Reduction des Erzes durch Kohle entstanden sein.

Aus Kohlenoxyd entstanden bei der Erzreduction 14,4 Vol. Kohlensäure mit einem Verbrauch von . . . . 7,2 Vol. Sauerstoff,
aus Kohle entstanden 4,4 Kohlensäure mit einem Verbrauch von . . . . 4,4 „ „

Der Gesammtverbrauch = 11,6 Vol. Sauerstoff

ist also gleich dem oben angegebenen Sauerstoffgehalte des Erzes.

6. Reductionsgrad.

Will man sich Rechenschaft über den Grad der Reduction des Erzes in irgend einem Ofentheil auf Grund der Gaszusammensetzung geben, so hat man von dem Gasgemenge zuvörderst das Kohlensäurequantum abzuziehen, welches aus den Schmelzmaterialien entwickelt wurde. Dasselbe kann indessen nur durch Analogie annäherungsweise bis zu den Gegenden ermittelt werden, wo überhaupt alle Kohlensäure ausgetrieben ist. Hat man nun aus einer in vorher angegebener Weise ausgeführten Rechnung gefunden, dass das Erz im Ganzen Ω Volum Sauerstoff abgiebt, so hat man zuvörderst aus dem Wasserstoffgehalt an der Form H [1]) den dem Wasser des Windes zugehörigen Sauerstoffgehalt $\frac{H}{2}$ zu berechnen, diesen

[1]) Alles auf 100 Vol. Stickstoff bezogen.

von dem Sauerstoffgehalt des Gasgemenges σ abzuziehen und von der Differenz 26,5, d. h. die Menge Sauerstoff zu subtrahiren, welche der Kohlenstoff in der Luft zu Kohlenoxyd verbrannt verbrauchen würde [1]). Das Verhältniss dieser Differenz D zum Sauerstoff Ω giebt den Reductionsgrad des Erzes an.

Beispiel (Hochofen zu Forssjö).

Es enthalten die 31 Fuss 11,7 Zoll (10,035 Meter) tief entnommenen Gase des Hochofens zu Forssjö 30,8 Vol. Sauerstoff auf 100 Vol. Stickstoff, dem Wassergehalt der Gebläseluft entsprechen circa 0,5 Vol. $\left(\frac{H}{2}\right)$ Sauerstoff, es bleiben mithin $\left(\sigma - \frac{H}{2}\right) = (30,8 - 0,5) = 30,3$ Vol. Sauerstoff übrig. Hiervon 26,5 Vol. abgezezogen giebt $D = 30,3 - 26,5 = 3,8$. Nun ergiebt die Rechnung, dass das Erz im Ganzen 11,6 Vol. Sauerstoff (Ω) abgiebt, folglich ist an der Stelle, wo das Gas entnommen wurde, $\frac{D}{\Omega} = \frac{3,8}{11,6} =$ circa $^1/_3$ der ganzen Erzmasse noch unreducirt.

Temperatur der Hochofengase.

Diejenige Temperatur, welche in dem Capitel über die Gebläse (S. 186, 192 u. 205) für das Innere des Hochofens berechnet wurde, ist, wie schon am betreffenden Orte auseinandergesetzt, eine gegen die Wirklichkeit zu hohe. Die Wärme, welche durch Verbrennung der Kohlen, gleichgültig ob zu Kohlensäure, zu Kohlenoxyd oder zu beiden Gasen, entwickelt wird, überträgt sich nicht nur auf die Verbrennungsgase und den mit ihnen gemischten Stickstoff der atmosphärischen Luft, sondern auch auf die sämmtlichen niedergehenden Materialien, die allein zum Uebergange aus dem festen in den flüssigen Aggregatzustand eine grosse Menge Wärme erfordern. Ebenso würde die aus der Zusammensetzung der Gase an sich berechnete Temperatur in höheren Theilen des Ofens zu hoch ausfallen. Eine auf Richtigkeit Anspruch machende Rechnung lässt sich daher nur vornehmen, wenn die Veränderungen der niedergehenden festen Substanzen in chemischer und physikalischer Beziehung bekannt sind und die Kenntniss dieser Veränderungen wird erst das folgende Capitel bringen. Dagegen trägt es umgekehrt zum Verständniss der letzteren bei, die durch Beobachtungen gefundenen Temperaturen der Gase zu kennen.

Die ersten directen Bestimmungen der Temperaturen von Hochofengasen rühren von Ebelmen [2]) und wurden an denselben Oefen von Audincourt und Pont l'Evêque vorgenommen, von denen die Gasanalysen

[1]) Kohlenstoff zu Kohlenoxyd verbrannt giebt auf 100 Vol. Stickstoff 53,0 Vol. Kohlenoxyd, d. h. 26,5 Vol. Kohlenstoff und 26,5 Vol. Sauerstoff. — [2]) Annal. des Mines IV. sér. t. V, p. 19 u. f. und Annal. des Mines. t. XX, p. 409.

in Tabelle XII. und XIV. S. 229 und 231 mitgetheilt worden sind; weitere Versuche sind von Tunner, Rinman, Fernqvist und Bell angestellt.

I. Hochofen zu Audincourt.

Die Versuche an diesem bei kaltem Winde mit Holzkohlen betriebenen Ofen wurden drei Wochen nach dem Anblasen ausgeführt, zu welcher Zeit man auf 306 Kilogrm. (1,53 Ctr.) Erze 5 Hectoliter oder 115 Kilogrm. (57,5 Pfd.) Gewicht an Holzkohlen verbrauchte und graues Roheisen erzeugte. Die Temperaturbestimmungen geschahen durch Metallstückchen, welche vermittelst eiserner mit Grübchen versehener Stangen in den Ofen gebracht wurden.

1. An der Gicht fand Ebelmen eine Temperatur von weniger als 112° (Schmelzpunkt des Schwefels) bei gefülltem Ofen, und von 112 bis 200° (Schwefel zeigte sich sehr flüssig, Zinn schmolz noch nicht) bei niedergegangener Beschickung.

2. Im Schachte, 8,04 Meter unter der Gicht, 0,63 Meter unter dem Kohlensack (wo die Gase die Zusammensetzung der Tabelle XII. Nro. 6 hatten) schmolz Silber, aber nicht Kupfer innerhalb 15 bis 20 Minuten, die Temperatur lag also zwischen 1023° (nach Becquerel 960°) und 1173° C.

3. 0,90 Meter über der Form schmolz sowohl Gold (1102°, nach Becquerel 1092° C.) als Kupfer nach 20 Minuten, während Eisen beinahe weissglühend in dieser Zeit geworden war. Die Temperatur lag nach Ebelmen also über 1173° C.

4. Vor der Form schmolz Eisen fast sofort, eine Stange von 2 Centimeter Durchmesser auf 0,25 Meter Länge innerhalb $^1/_2$ Minute. Ebenso schmolz Porzellan beinahe augenblicklich. Es wurden mithin nach Pouillet's Annahme 1600°, nach gewöhnlicher Annahme 1900 bis 2100° C. überschritten.

II. Hochofen von Pont l'Evêque.

Der mit Koks betriebene Ofen, dessen Gasanalysen in Tabelle XIV. S. 231 mitgetheilt sind, wurde 29 Tage nach dem Anblasen auf seine Temperatur geprüft, zu welcher Zeit bereits die Gichtgasentziehung im Gange war. Ebelmen fand:

1. An der Gicht. Bei gefülltem Ofen floss Zinn, nicht aber Blei, die Temperatur lag also zwischen 230° und 334°. Bei niedergegangener Beschickung schmolz Blei und Zink, aber noch nicht Antimon, die Temperatur lag also zwischen 411° und 512°.

2. Im Kohlensack. Kupfer schmolz nach 15 Minuten, weisses Roheisen nicht. Die Temperatur lag also über 1173°.

3. 0,67 Meter über der Form schmolz Gold und Kupfer leicht; eine runde Eisenstange von 9 Millim. Durchmesser schmolz ebensowenig

wie Porzellan innerhalb 15 Minuten Verweilens im Ofen. Die Temperatur lag also weit über 1173° C.

4. 0,29 Meter über der Form wurde ein runder Eisenstab von 9 Millimeter Durchmesser erst in 3/4 Minuten schweisswarm, schmolz aber schon vor Ablauf von 1 1/2 Minuten auf eine Länge von 0,20 Meter vollständig.

5) An der Form schmolz eine 9 Millimeter starke Eisenstange auf 0,31 Meter Länge in weniger als 1/2 Minute, und Porzellan fast sogleich. In den beiden letzten Fällen sind also mehr als 1600° (resp. 1900° bis 2100° C.) vorhanden.

Ebelmen schliesst aus diesen Bestimmungen an den genannten beiden Oefen, dass in allen Zonen eines Koksofens die Temperatur höher sei, als in den entsprechenden Theilen eines Holzkohlenhochofens. Freilich ist der Vergleich im vorliegenden Falle nicht günstig gewählt, weil der Hochofen zu Audincourt mit kaltem Winde, der von Pont l'Evêque mit heissem Winde arbeitete.

Ebelmen erklärt die Temperaturverschiedenheit beider Ofengattungen folgendermassen: Die Temperatur der niedergehenden festen Substanzen ist abhängig von der fühlbaren Hitze des aufsteigenden Gasstromes. Das Volumen dieses Gasstromes ist fast proportional der Menge des angewendeten Brennmaterials, und da diese letztere viel grösser im Koks- als im Holzkohlenhochofen auf ein bestimmtes Gewicht Erz ist, so muss auch die Temperatur im ersteren höher, als im letzteren sein. In Holzkohlenhochöfen kommen auf 100 Gewthle. Roheisen 100 bis 150 Theile Holzkohle, oder 90 bis 135 Gewthle. Kohlenstoff, während in dem zum Vergleich gewählten Koksofen 200 bis 285 Theile Koks oder 170 bis 242 Theile Kohlenstoff auf 100 Gewichtstheile Roheisen kamen.

III. Hochöfen von Eisenerz und St. Stefen.

Diese Temperaturbestimmungen hat Tunner, nachdem ein langer, fast zwanzigjähriger Zeitraum verflossen war, ohne dass man auf Ebelmen's Anregung, weitere Forschungen auszustellen, eingegangen wäre, im Jahre 1859 wieder aufgenommen [1]). Sie wurden an den Hochöfen angestellt, deren Gase die in Tab. V. und VI., S. 221 mitgetheilte Zusammensetzung zeigten.

Die Bestimmung der Temperatur wurde bis zum Schmelzpunkte des Bleies (320° C.) mit dem Quecksilberthermometer, höher hinauf durch Legirungen vorgenommen, deren Zusammensetzung in der folgenden Tabelle namentlich deshalb mitgetheilt ist, weil bei der Unzuverlässigkeit aller bisherigen pyrometrischen Messungen die Annahme der Schmelztemperaturen, welche einzelnen Metallen und besonders deren Legirungen zu-

[1]) Berg- u. Hüttenm. Jahrbuch IX, S. 290 u. f.

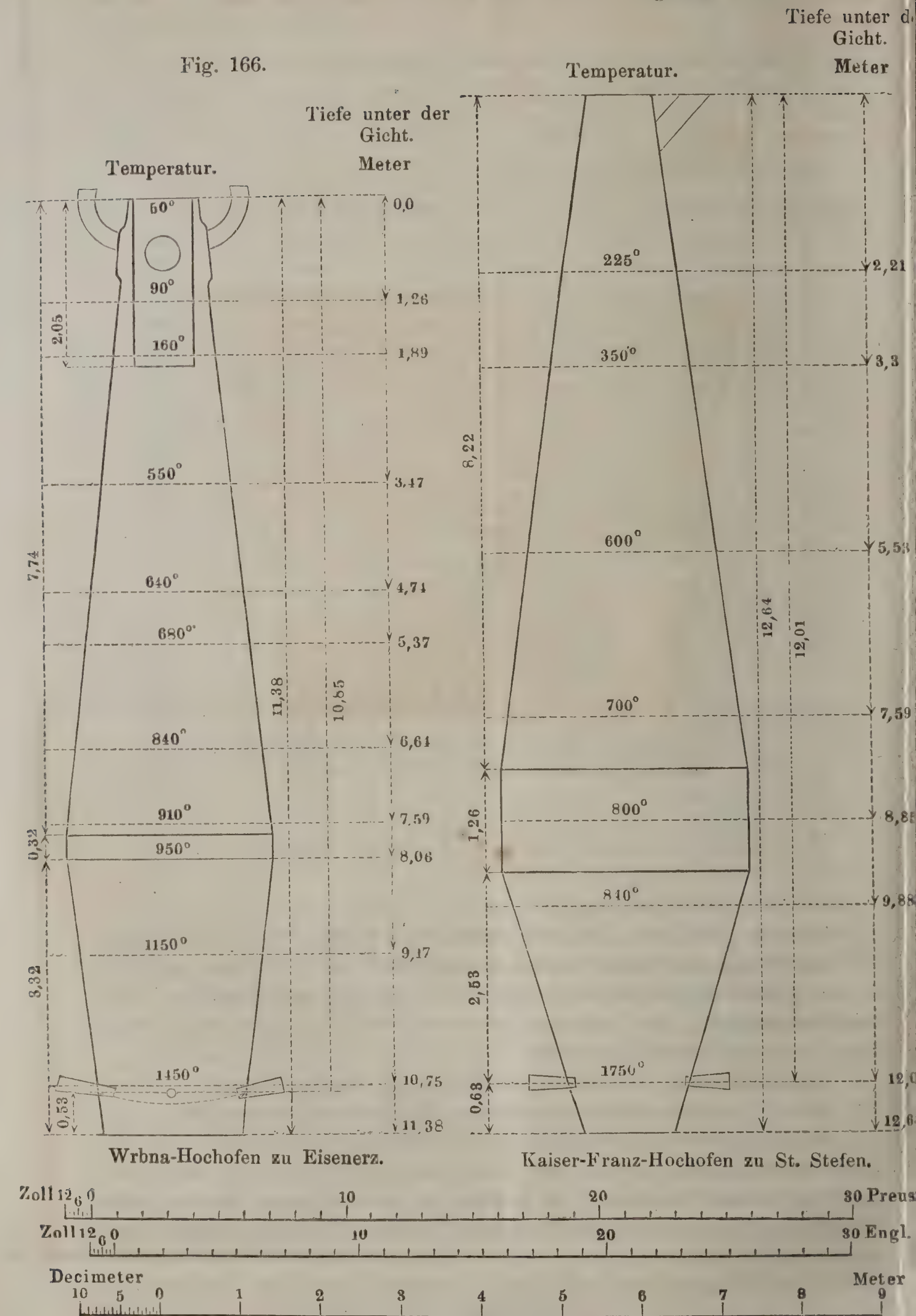
kommen, sich häufig geändert hat und voraussichtlich noch oft ändern wird.

Nummer.	Legirung aus				Angenommene Schmelztemperatur.
	Blei.	Silber.	Gold.	Platin.	
	Gewichtstheile.				Grad C.
1	9	1	—	—	400
2	8,5	1,5	—	—	440
3	8	2	—	—	470
4	7,5	2,5	—	—	505
5	7	3	—	—	540
6	6,5	3,5	—	—	575
7	6	4	—	—	610
8	5,5	4,5	—	—	645
9	5	5	—	—	680
10	4,5	5,5	—	—	715
11	4	6	—	—	750
12	3,5	6,5	—	—	780
13	3	7	—	—	815
14	2,5	7,5	—	—	850
15	2	8	—	—	885
16	1,5	8,5	—	—	920
17	1	9	—	—	955
18	0,6	9,4	—	—	980
19	—	9,5	0,5	—	1030
20	—	7	3	—	1050
21	—	4,5	5,5	—	1070
22	—	2	8	—	1090
23	—	—	10	—	1100
24	—	9	—	1	1175
25	—	8,5	—	1,5	1250
26	—	8	—	2	1325
27	—	7,5	—	2,5	1400
28	—	7	—	3	1475
29	—	6,5	—	3,5	1550
30	—	5	—	5	1625

Tunner fand, dass das weissstrahlige Roheisen etwas leichtflüssiger als Nro. 30 sei, und nahm dessen Schmelzpunkt zu 1600^0 an, während er dem grauen Holzkohleneisen einen Schmelzpunkt von ungefähr 1700^0, dem harten Stahl einen solchen von circa 1850^0 und dem harten Stabeisen von circa 2000^0 zuertheilte.

Die erhaltenen Temperaturen sind in die beiden Figuren 166 und 167 (a. f. S.) an den Stellen eingetragen, wo sie ermittelt wurden.

Es muss noch einiger Experimente Tunner's gedacht werden, welche zwar nicht den Temperaturgrad, wohl aber die Vertheilung der Hitze vor den Formen angeben. Es wurden zu diesem Zwecke Eisenstangen durch die Formen oder durch ein der hinteren Form gegenüber angebrachtes Loch theils horizontal, theils aufwärts eingeführt und ergaben die in den Figuren 168 und 169 (a. S 303) dargestellte Erscheinung,

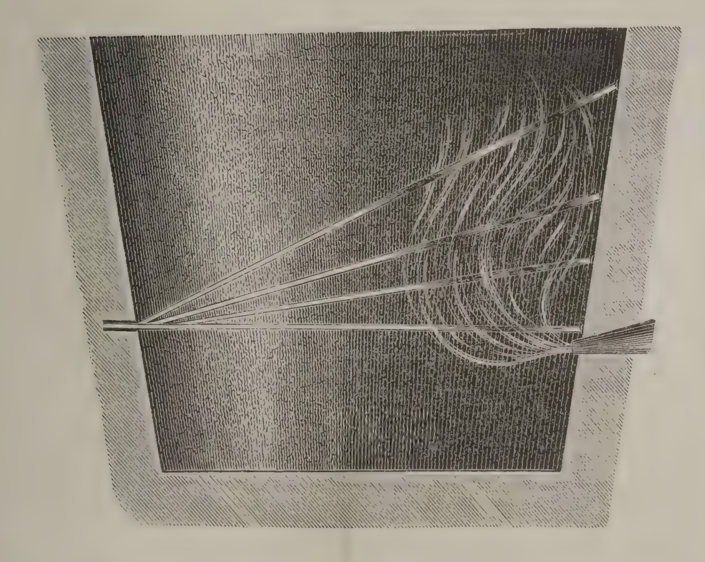

Fig. 166.
Temperatur.
Tiefe unter der Gicht.
Meter
60°
90°
160°
550°
640°
680°
840°
910°
950°
1150°
1450°
0,0
1,26
1,89
3,47
4,74
5,37
6,61
7,59
8,06
9,17
10,75
11,38
2,05
7,74
0,32
3,32
0,53
11,38
10,85
Wrbna-Hochofen zu Eisenerz.
Fig. 167.
Temperatur.
Tiefe unter d. Gicht.
Meter
225°
350°
600°
700°
800°
840°
1750°
2,21
3,3
5,53
7,59
8,85
9,88
8,22
1,26
2,53
0,68
12,64
12,01
Kaiser-Franz-Hochofen zu St. Stefen.
Zoll 12 6 0 10 20 30 Preus
Zoll 12 6 0 10 20 30 Engl.
Decimeter 10 5 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Meter

wobei die dunklen Stellen die am heissesten (schweisswarm) gewordenen Theile, die ganz hellen Stellen dagegen nur dunkelglühende Theile bezeichnen.

Fig. 168.

0,474 m 0,606 m 0,448 m

Fig. 169.



Der in Fig. 168 abgebildete Stab wurde von einer Form bis zu der gegenüber liegenden durchgestossen und $^5/_4$ Minuten in dieser Lage belassen. Vor jeder Form war circa 10 bis 15 Centim. von deren Mündung entfernt eine 15 Centim. lange schweisswarme Stelle, während die Mitte auf circa 60 Centim. Länge sich kaum dunkel rothglühend zeigte.

Die in Fig. 169 abgebildeten Stäbe waren gebogen, wurden durch eine Oeffnung in der Brust des Ofens eingeführt und unter Winkeln von 9, 16 und 23 Grad bis zur gegenüberliegenden Wand oberhalb der Form gebracht.

Es geht hieraus hervor, dass sich in diesen Hochöfen bei jeder Form ein eigener Verbrennungsraum gebildet hatte, in dessen Mitte sich die heisseste Stelle (hier kaum 15 Centim. breit) befand. Nach oben zu verringerte sich (wie Fig. 169 ersichtlich macht) die Temperatur wieder, während die relativ heissesten Stellen eine grössere Breite einnahmen. Diese heissesten Stellen lagen nicht zusammen, sondern in zwei Theile getrennt.

Diese Untersuchungen Tunner's setzte Stockher im folgenden

Jahre an dem Wrbna-Ofen zu Eisenerz fort, welcher noch in ununterbrochenem Betriebe war und sich nur etwas erweitert hatte [1]).

Die Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Laufende Nummer.	Eingesenkt auf Meter.	Zeit im Ofen. Stunden.	Legirungsnummern nach Tabelle Seite 301.	Hiervon waren vollkommen geschmolzen.	Hiervon waren an den Kanten abgerundet.	Entsprechende Temperatur Grad C.
1	2,53	6	1 — 10	1 — 6	7 — 8	580
2	2,53	6	1 — 8	1 — 6	7	580
3	3,48	6	1 — 10	1 — 10	—	820 (3–4)
4	3,48	6	6 — 15	6 — 13	14 — 15	
5	5,37	4	15 — 24	—	—	—
6	5,37	3	15 — 24	15	16	890 — 900 (6–12)
7	5,37	3	11 — 17	11 — 15	16	
8	7,27	3	13 — 22	—	—	
9	7,27	3	12 — 17	—	—	
10	7,27	2	16 — 22	—	16	
11	7,27	2	13 — 19	13 — 14	15 — 16	
12	8,06	2	14 — 20	14 — 15	16	

Versuch 5, 8 und 9 misslang in Folge Bruchs des Apparates.

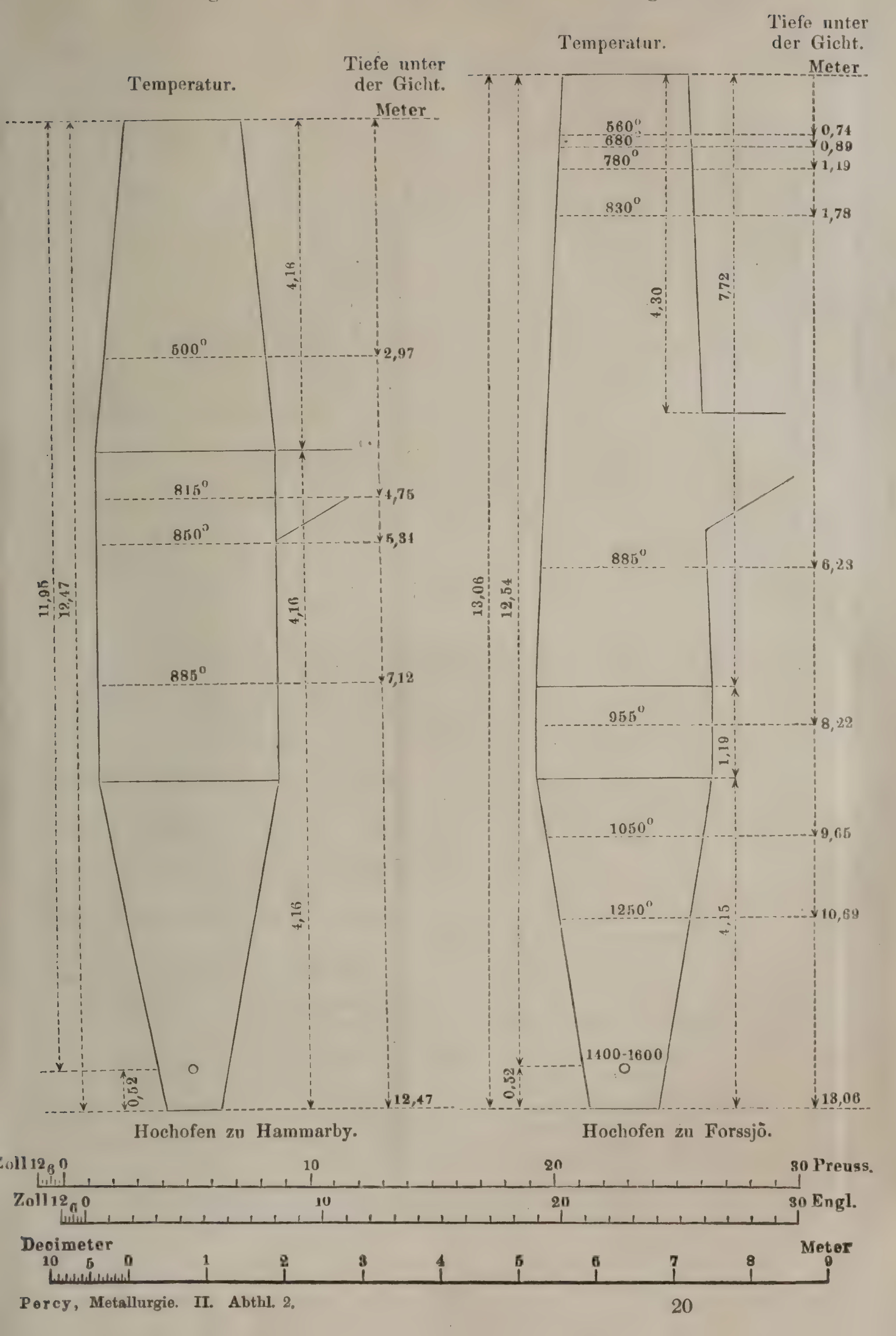
IV. Hochöfen zu Hammarby, Forssjö und Hasselfors.

Rinman und Fernqvist haben bei den Hochöfen, deren Gasanalysen S. 223 bis 225, Tab. VIII. bis X. mitgetheilt sind, auch Temperaturbestimmungen vorgenommen und sich dabei derselben Legirungen wie Tunner bedient. Mit Recht wird bemerkt, dass die so erhaltenen Temperaturgrade zu hoch seien, da nach neueren Untersuchungen der Schmelzpunkt des Silbers mit 1020° um 50°, der des Platins mit 2500° nach Deville um 600° zu hoch angenommen sei. Der Vergleich wird hierdurch indessen nicht beeinträchtigt.

Bei den Hochöfen zu Forssjö und Hasselfors liess man die Legirungen eine Stunde lang im Ofen verweilen. Man erhielt sehr schwankende Resultate z. B. bei dem Hochofen zu Forssjö bei 5,7 Fuss (1,78 Meter) Tiefe 850° und 815°, bei 19,9 Fuss (6,23 Meter) 920° und 850°, später bei 26,2 Fuss (8,22 Meter) nur 955° C. Die mittleren Zahlen sind in den neben- und umstehenden Skizzen (Fig. 170 bis 172) verzeichnet. Die beim Hochofen zu Forssjö (Fig. 171) angegebene Temperatur von 1250° bei 34,0 Fuss (10,60 Meter) Tiefe scheint zu hoch, da die Legirung

[1]) Berg- u. Hüttenm. Jahrb. Bd. X, S. 491.

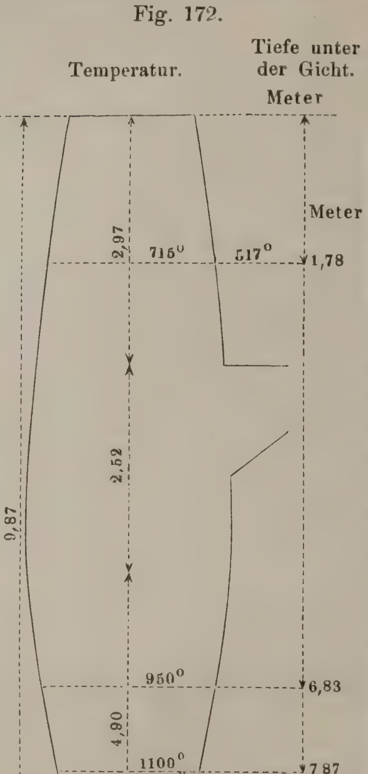
Fig. 170. Fig. 171.



Hochofen zu Hammarby. Hochofen zu Forssjö.

sich mit dem Eisen des Apparates vereinigt hatte. Vor dem Tümpel war die Temperatur zwischen 1400⁰ und 1600⁰. Zog man die Legirungen ohne Verweilen aus der Tiefe von 5,7 Fuss (1,78 Meter) wieder empor, so fand man Temperaturen zwischen 440⁰ und 680⁰ C.

Fig. 172.



Hochofen zu Hasselfors.

Beim Hochofen von Hasselfors fand man bei 25,1 Fuss (7,87 M.) Tiefe mehr als 1100⁰, da Gold geschmolzen war, und die Silberplatinlegirungen, deren Schmelzpunkt bei 1175⁰ und 1250⁰ liegen soll, sich ausgebreitet hatten. Da die zum Theil in Stahl oder auch Gusseisen umgewandelten Gasentziehungsröhren abschmolzen, so konnte bei diesem Hochofen die Temperatur bei 28,4 Fuss (8,91 M.) Tiefe auf 1400⁰ und bei 25,5 Fuss (8,02 M.) auf 1250⁰ nur geschätzt werden.

Bei den Temperaturbestimmungen, welche zu Hammarby vorgenommen wurden, zog man die Legirungen sofort heraus, sobald sie mit der Beschickung die gewünschte Tiefe erreicht hatten, und sie geben daher zuverlässiger die Temperaturen der festen Substanzen an, als die der Gase. Ein besonderes Interesse bietet eine dieser Bestimmungen noch deshalb, weil dieselbe sowohl beim Ableiten der Gase zu den Röst- und Kalkbrennöfen, als auch bei versperrter Ableitung angestellt wurde. Die Resultate waren folgende:

Tiefe unter der Gicht.	Beim Ableiten der Gase.	Beim Nichtableiten.
9,5 Fuss (2,97 Meter)	unter 400⁰	500 — 600⁰
11,3 „ (3,56 „)	desgl.	—
15,1 „ (4,75 „)	—	815⁰
17,0 „ (5,34 „)	—	850⁰
22,7 „ (7,12 „)	—	885⁰

Temperatur der Hochofengase.

Tabelle C (zu Seite 307).

Nro. der Gasanalysen:	V.	VI.	VIII.	IX.	X.	XII.	XIV.
Hochofen.	Wrbna. (Oesterreich)	Kaiser Franz. (Oesterreich)	Hammarby. (Schweden)	Förssjö. (Schweden)	Hasselfors. (Schweden)	Audincourt. (Frankreich)	Pont - l'Evêque. (Frankreich)
Original-maass.	34′ 4″ Oesterr.	38′ Oesterr.	40,25′ Schwed.	42,25′ Schwed.	33,25′ Schwed.	10,55m	10,5m
Meter.	10,85m	12,01m	11,95m	12,54m	9,87m	10,55m	10,5m
Gichtniveau.	50°					< 112°	230° — 334°
In 100 Theilen (vom Gicht- bis Formenniveau)	90° 160° 550° 640° 680° 840° 950° 910° 1150° 1450°	225° 350° 600° 700° 800° 840° Vor den Formen. 1750°	500° 815° 850° 885°	560° 680° 780° 830° 885° 955° 1050° 1250° Am Tümpel. 1400° — 1600°	715° 950° 1100° 1250° 1400°	112° — 200° 1023° — 1173° > 1173° Vor den Formen. > 1600°	411° — 512° > 1173° 1173° — 1600° Vor den Formen. > 1600°
Formenniveau.							

Die Höhe sämmtlicher Hochöfen vom Formen- bis Gichtniveau ist als gleich angenommen, die zwischen beiden Niveaus liegenden Horizontalstriche bezeichnen die relative Höhe der Untersuchungsstellen. Die Zahlen über dem Gichtniveau geben die Temperatur bei vollem Ofen an, diejenigen unter dem Gichtniveau die Temperatur bei niedergegangener Beschickung.

Zwei Zahlen bedeuten, dass die Temperatur höher als die niedrigste, niedriger als die höchste Zahl war.

'abelle C (zu Seite 307).

Nro. der Gasanalysen:	V.	VI.	XIV.	
Hochofen.	Wrbna. (Oesterreich)	Kaiser Fran (Oesterreich)	nt-l'Evêque. (Frankreich)	
Original-maass.	34′ 4″ Oesterr.	38′ Oesterr.	10,5m	
Meter.	10,85m	12,01m	10,5m	
Gichtniveau.	50°		230° — 334°	Gichtniveau.
			411° — 512°	
5				
10	90°			
15	160°	225°		
20				
		350°		
30	550°			

V. Hochöfen zu Clarence.

Bei den Hochöfen des Cleveland-Districtes in Nord-Yorkshire zu Clarence hat J. Lowthian Bell einige Temperaturermittelungen vorgenommen, welche sich allerdings nur auf die Temperatur unmittelbar nahe an der Gicht oder in den Leitungsröhren der Gichtgase beziehen [1]).

Die Beobachtungen wurden an zwei gleich construirten Hochöfen angestellt, bei deren einem die Gase an der offenen Gicht verbrannten, während sie bei dem anderen unverbrannt abgeleitet wurden. Beide wurden mit dem körnigen Spatheisenstein von Cleveland (s. Abthl. I, S. 321) und Koks betrieben.

Bei dem Ofen mit geschlossener Gicht fand man circa $7^3/_4$ Fuss (2,4 Meter) unter der Gichtplatte im Mittel aus 15 Beobachtungen 560° C., bei dem mit offener Gicht durch allerdings nur eine Beobachtung in derselben Tiefe 790° C.

Es wurden auch Temperaturbestimmungen bei verschiedenem Ofengange angestellt und bei dem Ofen mit geschlossener Gicht, wenn der Betrieb auf Erzeugung von weissem Roheisen (Nro. 4) gerichtet war, 710° F. (377° C.), wenn der Betrieb auf Erzeugung von grauem Roheisen (Nro. 2) gerichtet war, 825° F. (441° C.) gefunden.

In der Gasleitungsröhre zeigte sich im Durchschnitt eine Temperatur von 808° F. (431° C. [2]).

Die Höhe dieser Oefen betrug nur circa $48^1/_2$ Fuss (15,2 Meter); bei Hochöfen, welche demselben District angehören und welche 72,8 Fuss (22,8 Meter) hoch sind, fand man bei dem Betriebe auf weisses Roheisen (Nro. 4) gleich nach der Begichtung eine Temperatur der Gase von nur 467° F. (242° C.) und 665° F. (352° C.) kurz vor der Begichtung; durchschnittlich also 517° F. (269° C.) oder circa 200° F. (93° C.) weniger als bei den niedrigen Oefen.

VI. Zusammenstellung und Folgerungen.

Die so ermittelten Temperaturen sind in nebenstehender Tabelle C. in der Weise zusammengestellt, wie dies bereits bei den Gasanalysen geschehen, nämlich unter der Voraussetzung gleicher Höhe aller Hochöfen.

Diese Beobachtungen beweisen, dass die Temperatur der Gase im Hochofen allmälig und regelmässig von unten nach oben abnimmt, so dass also weder eine den Wärmeverlust überwiegende neue Wärmequelle zu der aus der Verbrennung des Kohlenstoffs vor den Formen stammenden hinzutreten, noch eine plötzliche Wärmebindung in bedeutendem Maasse eintreten kann. Nur in nächster Nähe der Formen selbst erniedrigt sich die Temperatur durch Reduction der gebildeten Kohlensäure plötzlich, wie die Beobachtungen Tunner's beweisen.

[1]) Sie sind von Tunner (Jahrb. XV, S. 109 u. f.) mitgetheilt. — [2]) Bei anderen ähnlichen Hochöfen 715° bis 740° F. (379° bis 393° C.)

Die Gase entweichen aus der Gicht meist mit einer Temperatur von einigen 100 Graden, so dass sie also nicht ihre sämmtliche Wärme an die festen Materialien abgeben. Wesentlich ist dies Verhältniss von der Ofenhöhe und der Geschwindigkeit der Gase abhängig, so dass der höchste Ofen und der langsamste Gasstrom die beste Wärmeausnutzung geben. Da nun, wie später gezeigt werden wird, die Geschwindigkeit der Gase in umgekehrtem Verhältniss zur Weite des Ofens steht, so wird von zwei gleich hohen Hochöfen derjenige die beste Wärmeausnutzung bieten, welcher sich von der Wärmequelle (den Formen) an bis zur Gicht immer mehr erweitert. Die Temperatur der Gichtgase erhöht sich unter sonst gleichen Umständen bedeutend beim tieferen Herabsinken der Beschickung. Verbrennen die Gichtgase an der Gicht, so steigt dadurch die Temperatur auch in tieferen Ofentheilen, im Gegensatz zu dem Falle, in dem die Gase unverbrannt abgeleitet werden. In entsprechenden Ofenhöhen entwickelt ein mit Koks betriebener Ofen höhere Temperaturen, als ein mit Holzkohle betriebener. Je grösser der Brennmaterial- oder vielmehr Kohlenstoffverbrauch auf eine bestimmte Menge Erz und Zuschlag, um so höher ist die Temperatur des Ofens. Sie steigt daher bei der Darstellung von grauem Roheisen und sinkt bei der Darstellung von weissem Roheisen.

Spannung der Gase.

Es ist bereits S. 191 darauf hingewiesen worden, dass die Verbrennungsproducte vor den Formen im Hochofen eine von verschiedenen Umständen abhängige, aber stets höhere Spannung als die Atmosphäre haben. Da beim Aufsteigen der Gase die Widerstände immer geringer werden und gleichzeitig die Temperatur sinkt, so kann man schon im Voraus schliessen, dass ihre Pressung stetig abnehmen werde. Da sich indessen andererseits das Volumen der Gase vermehrt und die Querschnitte des Hochofens theils vergrössern, theils verringern, so ist die Berechnung der Abnahme der Spannung sehr umständlich und unsicher und es ist von Interesse, die letztere durch directe Versuche festzustellen.

Tunner hat in dieser Richtung Untersuchungen an den Hochöfen bei Eisenerz [1]) angestellt und folgende Resultate gefunden [2]):

Die Spannung der Gase steht in allen Höhen des Ofens im Verhältniss zu der Pressung der Gebläseluft, so dass die Schwankungen der letzteren bis zur Gicht hin wahrnehmbar bleiben. Waren an dem Wrbna-Ofen zu Eisenerz die Schwankungen des Manometers $18\frac{1}{4}$ bis $24\frac{1}{3}$ Linien (39,5 bis $52,7^{mm}$) Quecksilbersäule, so zeigten die Gase an der Gicht in genau entsprechenden Zeiträumen Schwankungen in der Pressung von 9 bis $10\frac{2}{3}$ Linien (19,7 bis $23,0^{mm}$) Wassersäule. Von Einfluss auf die Spannung der Gase an der Gicht war ferner die Beschaffenheit der Formen. Nasete eine derselben, d. h. bildeten sich Ansätze, so sank die

---

[1]) Vergl. S. 221. — [2]) Tunner's Jahrb. IX.

Spannung von 9 bis 11 Linien (19,7 bis 24,1mm) auf $4^1/_2$ bis $6^1/_2$ Linien (9,9 bis 14,3mm). Aehnlich wirkte die Beschaffenheit der aufgegebenen Materialien. Als kleinere Kohlen wie gewöhnlich aufgeschüttet wurden,

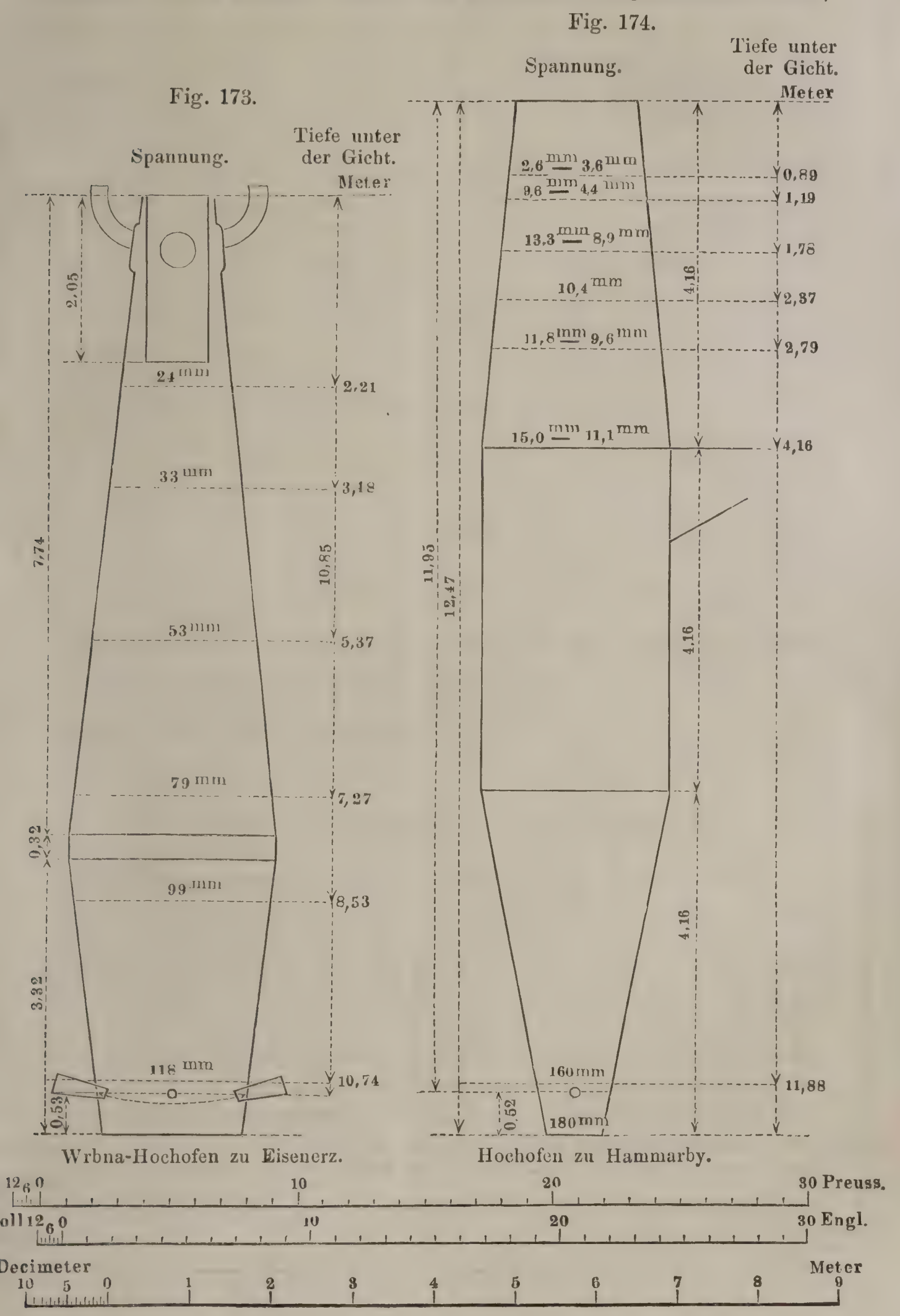
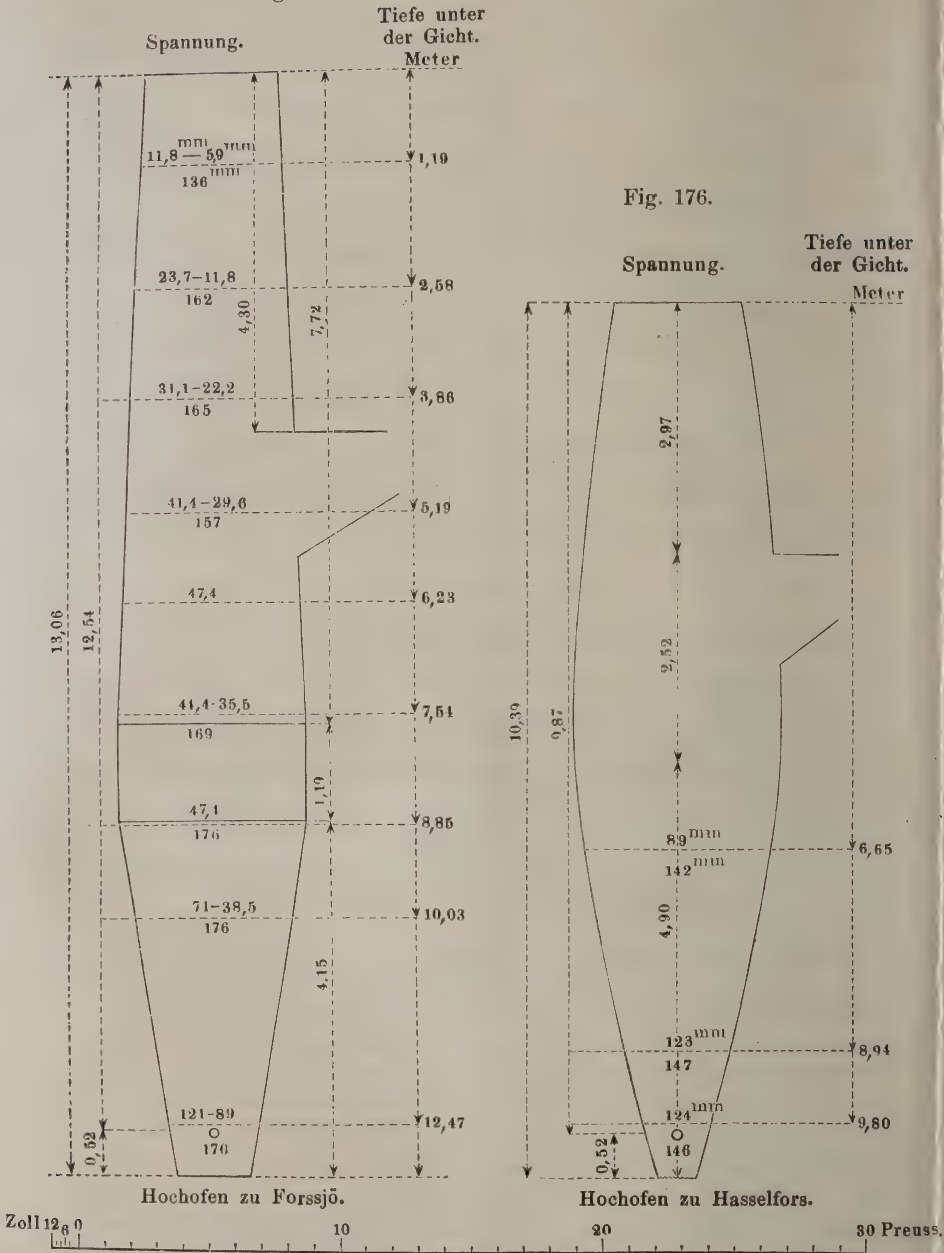


Fig. 173. Wrbna-Hochofen zu Eisenerz.

Fig. 174. Hochofen zu Hammarby.


Fig. 175.
Spannung.
Tiefe unter der Gicht. Meter
11,8 mm — 5,9 mm
136 mm
1,19
23,7—11,8
162
2,58
4,30
7,72
31,1—22,2
165
3,86
41,4—29,6
157
5,19
47,4
6,23
13,06
12,54
44,4-35,5
169
7,54
1,19
47,1
176
8,85
71—38,5
176
10,03
4,15
121-89
170
12,47
0,52
Hochofen zu Forssjö.
Fig. 176.
Spannung.
Tiefe unter der Gicht. Meter
2,97
2,52
10,39
9,87
89 mm
142 mm
6,65
4,90
123 mm
147
8,94
124 mm
146
9,80
0,52
Hochofen zu Hasselfors.
Zoll 12 6 0 10 20 30 Preuss.
Zoll 12 6 0 10 20 30 Engl.
Decimeter 10 5 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Meter

sank die Spannung der Gase an der Gicht von 10 auf 5 Linien (21,9 resp. 11,0^{mm}) Wassersäule, ein Beweis dafür, wie wichtig es für einen regelmässigen Ofengang ist, auf stets gleiche Beschaffenheit der festen Materialien zu achten.

Die Spannungen, welche bei normalem Ofengange und einer Windpressung in den Düsen von circa 18 bis 22 Linien (40 bis 48^{mm}) Quecksilbersäule gefunden wurden, sind in Fig. 173 (S. 309) auf Wassersäule reducirt verzeichnet.

An dem Hochofen zu St. Stefen fand Tunner sehr ungleichförmige Pressungen, eine Folge des gestörten Ofenganges. Sie schwankten an der Gicht zwischen 5 und $30\frac{1}{3}$ Linien (11,0 und 65,8^{mm}), an der Form zwischen $30\frac{1}{3}$ und $50\frac{2}{3}$ Linien (65,8 und 109,7^{mm}) Wassersäule.

Aehnliche Untersuchungen stellten Rinman und Fernqvist an den schwedischen Hochöfen an [1]), deren Gasanalysen S. 223 bis 225 mitgetheilt wurden. Die Resultate sind in Fig. 174 (S. 309), Fig. 175 und Fig. 176 (S. 310) zusammengestellt. Die Pressungen wurden meistentheils während des Niedergangs einer vollen Gicht beobachtet, d. h. in der Zeit von einer Beschickung bis zur folgenden. Da der Reibungswiderstand, welchen die Gase zu erleiden haben, mit dem Niedergang der Beschickung geringer wird, so mussten in diesem Zeitraum in der Regel allmälig abnehmende Spannungen ermittelt werden. Wo sich daher in den Figuren zwei Pressungsangaben finden, bedeuten sie die während dieses Zeitraumes beobachteten Maxima und Minima. Unterhalb der Linie, über welcher die Gasspannungen angegeben sind, finden sich die in derselben Zeit herrschenden Gebläsepressungen in Millimetern Wassersäule verzeichnet.

Die Pressungen der Gase im Hochofen zu Hammarby sind in der Nähe der Gicht deshalb so gering und ungleichförmig, weil sehr viele Gase zum Rösten entzogen wurden.

Wärmeverlust durch die Gichtgase.

Wie aus dem Capitel über die Temperatur der Hochofengase (S. 298 u. f.) zu ersehen ist, entweichen die letzteren aus der Gicht mit einer sehr geringen Wärme, welche im Durchschnitt zu circa 300^0 angenommen werden kann, also etwa zu der Temperatur, mit welcher in den unteren Theil des Ofens der Wind eingeführt wird. Diese Temperatur ermässigt sich beim Aufgeben einer frischen Gicht noch weit mehr, namentlich wenn die Beschickung viel hygroskopisches Wasser enthält. Bunsen [2]) fand die Temperatur der Gichtgase zwischen dem Aufgeben zweier Chargen von 0^0 bis 600^0 wechselnd, während die Gase bei 5 Fuss Tiefe 993^0 hatten. Berechnet man die mittlere Wärme der Gichtgase dadurch, dass

[1]) Undersökningar rörande etc. Jernkontorets Annaler 1865. — [2]) Poggend. Annal. 46, S. 216.

man diejenige Wärmemenge ermittelt, welche nöthig ist, um die oberen Gichten bis zu ihrem Niedergang auf 5 Fuss zu 993° zu erhitzen und deren Feuchtigkeit zu verdampfen, so ergiebt sich aus der so erhaltenen Temperatur der Gichtgase, nach Bunsen, ein Wärmeverlust, welcher 25,4 Proc. des aufgewandten Brennmaterials entspricht.

Bei den neueren Holzkohlenhochöfen und beinahe bei allen mit Koks oder rohen Steinkohlen betriebenen Hochöfen ist dagegen in Folge der angemessenen Weite der Gicht und der ausreichenden Höhe des Schachtes bei gut geleitetem Gange (d. h. einem Betriebe ohne sogenanntes Oberfeuer) die Oberfläche der Beschickung selbst bei einem tieferen Niedersinken der Gichten so kühl, dass man den Verlust, welcher durch die den Gasen innewohnende (fühlbare) Wärme entsteht, als höchst unbedeutend annehmen kann.

Beständen nun die Gichtgase nur aus verbrannten Stoffen, d. h. also aus Kohlensäure und Wasserdampf, so würde demnach die bei ihrer Verbrennung entstandene Wärme dem Hochofen fast vollständig zu Gute gekommen sein. Sie enthalten aber eine sehr bedeutende, gewöhnlich die Kohlensäure weit überwiegende Menge Kohlenoxyd, ferner Wasserstoff und in vielen Fällen Kohlenwasserstoff, alles brennbare, also noch nicht verbrannte Stoffe.

Enthielten die Gichtgase von brennbaren Bestandtheilen nur Kohlenoxyd und von verbrannten Bestandtheilen nur Kohlensäure, so verhielte sich die Menge des in den Gichtgasen enthaltenen Sauerstoffs zu der zu ihrer Verbrennung erforderlichen Sauerstoffmenge, wie die im Hochofen entwickelte Wärme zu der verlorenen Wärme. Dies Gesetz ist freilich nicht mehr richtig, wenn auch Wasserstoff in den Gichtgasen enthalten ist, weil sich nach Favre und Silbermann's Untersuchungen bekanntlich die Wärmemengen, welche Kohlenstoff und Wasserstoff beim Verbrennen entwickeln, nicht wie die zu ihrer Verbrennung nöthigen Sauerstoffmengen verhalten [1]). Die Aenderungen, welche das angeführte Gesetz hierdurch erleidet, sind indessen nur bei den Hochöfen von grosser Bedeutung, welche mit rohen Brennmaterialien betrieben werden.

Um zu ermitteln, wie viel Sauerstoff zur Verbrennung der unverbrannten Gase erforderlich ist, müssen folgende chemische Thatsachen angewendet werden:

---

[1]) Der Sauerstoff, welcher zur Verbrennung von 1 Gewichtstheil Wasserstoff nöthig ist (nämlich 8 Gewichtstheile), verhält sich zu der zur Verbrennung von 1 Gewichtstheil Kohlenstoff erforderlichen Sauerstoffmenge $\left(\frac{16}{6}\right.$ Gewichtstheile$\left.\right) = 8 : 2,66$; die beim Verbrennen von 1 Gewichtstheil Wasserstoff resp. 1 Gewichtstheil Kohlenstoff entwickelten Wärmemengen verhalten sich aber (s. S. 88) wie 34462 : 8080 oder circa $= 8 : 1,80$.

1 Vol. Kohlenoxyd [1])	erford.	½ Vol.	Sauerstoff	zur	Verbrenn.	zu	1 Vol.	Kohlensäure
1 „ Wasserstoff	„	½ „	„	„	„	„	1 „	Wasserdampf
1 „ Grubengas [2])	„	2 „	„	„	„	„	1 „ 2 „	Kohlensäure u. Wasserdampf
1 „ ölbild. Gas [3])	„	3 „	„	„	„	„	2 „ 2 „	Kohlensäure u. Wasserdampf.

Hiernach berechnete Bunsen, dass bei dem mit Holzkohlen betriebenen Hochofen zu Veckerhagen nur 51,5 Proc., in dem mit rohen Steinkohlen betriebenen Alfreton-Ofen gar nur 16,55 Proc. [4]) des aufgewendeten Brennmaterials zur Benutzung im Hochofen gelangten. Man darf indessen nicht glauben, dass diese Brennmaterialmenge wirklich erspart werden könnte. Die Wärmequelle für jeden Hochofen liegt lediglich vor den Formen, wo der Kohlenstoff direct oder indirect zu Kohlenoxyd verbrennt. Diese Wärmequelle kann nicht entbehrt werden, wenn auch für die Reduction des Eisenerzes eine weit geringere Menge Kohlenoxyd genügt. Nichtsdestoweniger giebt die Armuth an Kohlenoxydgas in den Gichtgasen eines Hochofens den Maassstab für die Ausnutzung der Gase, und es kann daher der Hochofenprocess für um so vollkommener angesehen werden, je weniger Kohlenoxydgas aus der Gicht entweicht.

Art der Entziehung und Benutzung der Hochofengase.

Werth der Gichtgase. Da die Analysen ergeben und die Erfahrung lehrt, dass selbst bei dem am besten geleiteten Hochofenbetrieb noch Gase aus der Gicht entweichen, welche auf 100 Vol. Stickstoff mehr als 12 Vol. Kohlenoxyd enthalten, und dass in den meisten Fällen dieser Gehalt auf 40 Vol. steigt, so erhält man an diesen Gasen stets noch ein werthvolles Brennmaterial. Wie gering der Gehalt an Kohlenoxyd nun zu sein braucht, um Gichtgasen schon Werth als Brennmaterial zu ertheilen, lässt sich annähernd aus der Formel $T_4 = \frac{Cp''}{1{,}57\,Cs + Ns''}$ ersehen, welche den pyrometrischen Wärmeeffect eines Gemenges von Kohlenoxyd und anderen unverbrennlichen Gasen angiebt und worin C die Gewichtsmenge des Kohlenoxyds, N die Gewichtsmenge der übrigen Gase (unter Voraussetzung $C + N = 1$) bezeichnet, ferner $(C + 0{,}57\,C) = 1{,}57\,C$ die aus C Kohlenoxyd gebildete Kohlensäuremenge [5]), s die specifische Wärme der Kohlensäure, s'' die specifische Wärme der übrigen Gase. Nun ist $p'' = 2402{,}7$ [6]), $s = 0{,}22$ [7]) und s'' kann im Durchschnitt

---

[1]) Es enthält ½ Vol. Sauerstoff. — [2]) Es enthält 2 Vol. Wasserstoff. — [3]) Es enthält 2 Vol. Wasserstoff. — [4]) Erdmann's Journ. Bd. 42, S. 388. — [5]) 14 Gewichtstheile Kohlenoxyd verbinden sich mit 8 Gewichtstheilen Sauerstoff zu Kohlensäure, also 1 Gewichtstheil Kohlenoxyd mit $\frac{8}{14} = 0{,}57$ Sauerstoff. — [6]) Nach Favre und Silbermann, vergl. Bd. I. der Metall. S. 64. — [7]) Vgl. S. 205.

auch zu 0,22 angenommen werden. Da die Gase stets über 100° bei ihrem Entweichen aus der Gicht haben, kommt die latente Wärme des Wasserdampfes nicht in Betracht. Daher ist:

$$T_4 = \frac{2402,7\,C}{1,57 \,.\, 0,22\,C + 0,22\,N}.$$

Eine Temperaturerhöhung tritt mithin nicht ein, wenn $2402,7\,C = 1,57 \,.\, 0,22\,C + 0,22\,N$ ist, oder $\frac{N}{C} = 10920$ oder wenn sich die übrigen Gase N zum Kohlenoxyd C dem Gewichte nach verhalten wie 100 : 0,009, während T_4 = circa 1000° (die gewöhnliche Annahme für die Temperatur verbrennender Gichtgase) sich bei dem Verhältniss $\frac{N}{C} = 9$ ergiebt, d. h. wenn sich die übrigen Gase dem Gewichte nach zum Kohlenoxyd verhalten = 100 : 11 [1]).

Geschichtliches. Bereits vor einem halben Jahrhundert richtete man in Frankreich das Augenmerk auf die Benutzung der Gichtgase (*waste gas*) des Eisenhochofens, aber erst seit etwa 25 Jahren hat sich die allgemeine Aufmerksamkeit darauf gelenkt, und erst seit den letzten zehn Jahren ist die Anwendung der Hochofengichtgase bei der überwiegenden Zahl von Hochöfen eingeführt worden.

Im Juni 1814 veröffentlichte Berthier eine interessante und wichtige Brochüre über die glückliche Anwendung der Gichtgase in Frankreich zu verschiedenen Zwecken, als zur Stahldarstellung durch Cementation, Brennen von Kalk und Ziegeln u. dgl. m. [2]).

Der Ruhm dieser ersten Anwendung gebührt Aubertot, dem Eigenthümer einer Eisenhütte im Cher-Departement. Er erhielt nach im Jahre 1809 bis 1811 ausgeführten Versuchen [3]) 1811 darauf ein Patent in Frankreich, war aber damit zufrieden, für seinen eigenen ausschliesslichen Gebrauch die Anwendung der Gichtgase zur Cementstahldarstellung zu reserviren; ja er gab in höchst uneigennütziger Weise allen, welche es wünschten, eingehende Belehrungen. Berthier lernte durch den Augenschein mehrere von Aubertot geleitete Werke mit derartigen Einrichtungen kennen und durchschaute offenbar schon die Wichtigkeit der Erfindung [4]).

---

[1]) Bei der Annahme von 40 Vol. Kohlenoxyd auf 100 Vol. Stickstoff ist dies Verhältniss etwa = 100 : 30, bei 12 Vol. allerdings nur = 100 : 8; jedoch ist hierbei das stets vorhandene Wasserstoffgas und Kohlenwasserstoffgas zu den verbrannten Gasen gerechnet. Bei der Untersuchung anderer Schachtofengase hat sich das Verhältniss von etwa 10 Vol.-Proc. Kohlenoxyd als das Minimum für praktische Anwendung herausgestellt. Wenn man in manchen Gegenden beim Betriebe der Hochöfen auf graues Roheisen keine beständig und gut brennenden Gase erhält, so liegt dies daran, dass im Gegensatz zum Betriebe auf weisses Roheisen ein langsamerer Gichtenwechsel stattfindet und daher das Gesammtquantum der Gase an der Verbrennungsstätte ein zu geringes ist. — [2]) Sur plusieurs moyens imaginés pour employer la flamme perdue des hauts fourneaux, des foyers de forges etc. Journ. des mines 35. p. 375. Juin 1814. — [3]) Zerrenner, Metall. Gasfeuerung. 1856. S. 3. — [4]) J'ai pensé, sagt er p. 377 op. cit., qu'il serait très-utile de porter à la connaissance de tous les métallurgistes une invention qui peut être aussi féconde.

Um Kalk oder Ziegeln zu brennen, wurde ein Ofen von prismatischer Form nahe der Gicht des Hochofens errichtet. Die Gichtflamme trat in den Ofen direct von der Gicht aus, durch eine 0,5 Meter im Quadrat grosse Oeffnung. An jeder Seite befand sich eine kleine Mauer, um den Wind abzuhalten. Vorn war die Gicht ganz frei, um bequem beschicken zu können. Die Oeffnung, durch welche die Gase in den Brennofen drangen, konnte durch eine eiserne Schieberthür regulirt werden.

Die Beschickung des Brennofens geschah durch eine seitliche Oeffnung. Auf der Gicht desselben dagegen befand sich eine Esse. Nach der Beschickung des Ofens öffnete man die Zutrittsöffnung für die Gichtflamme anfänglich nur wenig, und erst nach 24 bis 36 Stunden mehr, um dann 3 bis 4 Tage lang die ganze Flamme durch den Ofen strömen zu lassen, wobei der Ofen bald in helle Rothgluth gerieth. Oeffnete man die Klappe zu weit, so kühlte der Ofen in Folge zu heftigen Zutritts kalter Luft ab. Für die Cementstahldarstellung brachte man die Kiste[1]), welche 15 bis 18 Ctr. Eisen fasste, in ganz ähnlicher Lage und Art an.

Die hierbei erzeugte Wärme schrieb Berthier richtig theils der natürlichen Temperatur der Gase, theils der durch ihre Verbrennung mit atmosphärischer Luft entwickelten Wärme zu. Zum Beweise des hohen Betrages der letzteren bezieht er sich auf ein Experiment Curandou's, welches darin bestand, dass der Gichtgasstrom eines Hochofens horizontal in das Gewölbe eines Flammofens geleitet wurde. Curandou sagt: „Wenn das Gewölbe dieselbe Temperatur angenommen hatte, als das zusammen mit einem Strom äusserer Luft hineingeleitete Hochofengas, so begünstigte diese Temperatur die Entzündung des Gases, aus der sodann eine wahrhaft erstaunliche Wärmeentwickelung resultirte, was beweist, dass die Erscheinung das Resultat einer Verbrennung war und nicht etwa die Wirkung einer Concentration der ursprünglichen mitgebrachten Wärme des unter dem Gewölbe hinströmenden Gichtgases“ [2]).

Die Benutzung der Hochofengase zu ähnlichen Zwecken und genau auf das Princip Aubertot's gegründet, wurde 1832 in England einem gewissen Moses Teague patentirt[3]). Das Patent lautet im Wesentlichen:

„Die Verbesserung besteht in der Benutzung der bisher in die offene Luft entlassenen Flamme und Wärme aus der Gicht der Hoch- und Cupolöfen, indem man die Flamme und Wärme auf die Erze und Mineralien, welche geschmolzen werden sollen, wirken lässt, ehe sie in den Ofen selbst gelangen. Die Anwendung geschieht auf die Weise, dass die Flamme oder Wärme in, auf oder durch einen oder mehrere Oefen, Apparate etc. auf, an oder in der Nähe der Ofengicht geleitet wird, indem sie von ihrem gewöhnlichen Wege durch Verengen oder theilweises oder vollständiges

---

[1]) Siehe weiter unten im Capitel über Cementstahldarstellung. — [2]) Op. cit. p. 395. — [3]) An improvement in the Making and Smelting Pig iron A. D. 1832. Nro. 6211.

Verschliessen der Gicht abgeleitet und durch Schieber, Thüren u. s. w. in die zu erhitzenden Vorrichtungen, welche mit Essen etc. versehen sind, geleitet wird.“

Im Jahre 1836 erhielt Victor Sire, Hüttenbesitzer zu Clerval, ein Patent auf ein vollständiges Fabrikationssystem zur Darstellung des Stabeisens mittelst der Hochofengase [1]). Da Sire das patentirte System nicht praktisch ausführte, so wurde es öffentlich bekannt gemacht und von Ebelmen dann mit anderen fast gleichzeitig in Deutschland erfundenen Systemen dieser Art verglichen.

In Deutschland nämlich waren die ersten epochemachenden Versuche zur Benutzung der Hochofengase, wie es scheint, Ende 1832 [2]) von Fabre du Faur zu Wasseralfingen in Würtemberg begonnen und 1837 beendigt worden.

Schon 1838 hatte das Hüttenwerk Jägerthal am Niederrhein das Sire'sche System eingeführt und seit 1841 verfrischte die Hütte Treveray im Mosel-Departement das Eisen mit Hochofengasen, wofür ihr 1844 bei der Pariser Industrie-Ausstellung die goldene Medaille zuerkannt wurde.

Zu gleicher Zeit (1838 bis 1839) lenkten die ersten wissenschaftlichen Untersuchungen Bunsen's die Augen aller Fachleute auf die hohe Bedeutung der Gichtgase.

Vor etlichen Jahren theilte der Chef der bekannten Maschinenbauanstalt zu Marseille, Philipp Taylor, dem Verfasser mit, dass er 1840 mit der Construction und Montirung der Gebläsemaschine für die Eisenhütte zu Rustrel, im Departement Vaucleuse in Frankreich, beschäftigt gewesen sei. Da dort das Holz zur Darstellung von Holzkohlen mangelte und das Fuhrlohn für Steinkohle oder Koks sehr hoch war, so musste man an Brennmaterialersparniss denken, und da schlug Taylor die Erhitzung der Kessel für die Gebläsemaschine durch die Gichtgase vor. „Viele Versuche,“ schreibt er, „sind gemacht worden, die Gichtflamme zur Dampferzeugung zu benutzen; aber man pflegte stets den Kessel an die Gicht zu legen, so dass das entzündete Gas direct auf den Kessel einwirkte. Da hierbei sicherlich eine grosse Menge Gas in Folge unvollständiger Beimischung atmosphärischer Luft unverbrannt entwich, so entsprach der Erfolg den Erwartungen nicht. Zudem machte die weite Leitung des Dampfes sowohl als des Speisewassers viel Umstände. Ich wählte daher den Plan, die Gicht ganz zu schliessen und so die Entzündung der Gase zu verhüten, welche ich durch eine weite Röhrentour nach den auf der Hüttensohle in einiger Entfernung vom Hochofen gelegenen Kesseln leitete. Meiner Meinung nach konnte ein Erfolg nur durch eine richtige Mischung von Luft und Gas und eine vollständige Verbrennung erreicht werden. Zu diesem Zwecke liess ich das Gas aus dem Hauptrohr unter das vordere Ende des Kessels durch eine Zahl enger Schlitze treten, wäh-

---

[1]) Zerrenner, op. cit. S. 3. — [2]) Conf. S. 331.

rend die atmosphärische Luft durch ähnliche, dazwischen liegende Schlitze zugelassen wurde. Der Zutritt der Luft wurde durch ein Ventil regulirt, von dessen Stellung, wie sich bald zeigte, der ganze Erfolg abhing, da sowohl bei zu geringer wie zu starker Oeffnung nicht hinreichender Dampf erzeugt werden konnte, während bei richtiger Stellung noch Dampf durch das Sicherheitsventil abblies. Um Explosionen zu verhüten, musste man stets beim Anlassen des Windes das Gas durch etwas brennendes Feuer entzünden."

Taylor theilt übrigens auch mit, dass vor mehr als 60 Jahren bereits auf der Eisengiesserei von Gurney und Aggs zu Norwich in England der Versuch gemacht worden sei, Dampf aus einem an die Gicht des Cupolofens gelegten Kessel zu erzeugen, aber ohne Erfolg, da das Wasser nicht habe kochen wollen.

Die Anwendung der Gichtgase brach sich sehr langsam Bahn, und namentlich die Abführung derselben in unverbranntem Zustande fand selten statt. Noch 1841 schrieb Karsten [1]):

„Die bisher in Anwendung gekommenen Vorrichtungen zur Benutzung der Gichtgase für die Lufterhitzung, für die Dampferzeugung in Maschinenkesseln u. s. w. sind nur als unvollkommene Einrichtungen anzusehen, weil dabei die unmittelbar aus der Gicht ausströmenden Gase mit einem geringeren Effect verbrannt und benutzt werden, als derjenige ist, den sie zu gewähren im Stande sind."

Im Jahre 1845 erhielt James Palmer Budd ein Patent für die Anwendung von „Hitze, Flamme und Gas der Hochöfen" zur Erhitzung des Windes [2]).

Die Erfindung wurde auf der Ystalifera-Hütte im Swansea-Thal, welche mit Anthracit betrieben wird, ausgeführt.

Der in Fig. 27 Seite 31 abgebildete Winderhitzungs-Apparat war in dem Mauerwerk zwischen zwei Hochöfen angelegt und bestand aus zwei horizontalen, gusseisernen Hauptröhren, verbunden durch mehrere Querröhren, welche zahlreiche verticale Hosenröhren trugen. Das Gas wurde durch drei bis vier horizontale Canäle von circa 1 Fuss (0,305 Meter) Durchmesser, welche von verschiedenen Seiten jedes Ofens etwa 3 Fuss (1 Meter) unter der Gicht abgingen, in die Apparate geleitet. Budd veröffentlichte hierüber eine Schrift [3]), in welcher er angiebt, dass die Gasmenge, welche zur Winderhitzung für einen Ofen nöthig sei, $^1/_6$ der Gesammtmenge des aus der Gicht entweichenden Gases nicht überschreite. „Ich versuche," sagt Budd, „keine Verbrennung der Gase, denn da diese aus dem Ofen mit einer Temperatur von circa 800° F. (427° C.) in den Erhitzungsapparat gelangen, während die ganze für den erforderlichen Wind nöthige Wärme 600° F. (314° C.) beträgt, so genügt ihr Durch-

---

[1]) Karsten, Eisenhüttenk. III, S. 279. — [2]) A. D. 1845. Jan. 16. Nro. 10475. — [3]) Report on the advantageous use made of the Gaseous Escape from the Blast-furnaces at the Ystalifera Iron-works. From the report of the British Association for the Advancement of Science for 1848.

strömen durch den Apparat, und da keine Verbrennung eingeleitet wird, so bleiben die Röhren unversehrt, die Ziegeln schmelzen nicht, und der Apparat ist beständig wirksam. Der Grund, aus dem ich keine Verbrennung der Gase annehmen kann, ist der, dass die Gase erst nach ihrem Durchgang durch den Apparat beim Austritt aus der Essenmündung in Berührung mit atmosphärischer Luft mit blauer, bei Nacht sichtbarer Flamme verbrennen, einer Flamme, die in Folge der Temperaturreduction in kurzer Entfernung wieder verlischt. Lasse ich dagegen die Beschickung im Hochofen unter die Mündung der Gascanäle sinken, so verbrennen die Gase, ehe sie in die Winderhitzungs-Apparate treten, und jene Erscheinung verschwindet."

Bereits 1848 hatte Budd zu Ystalifera die Gase ebenfalls mit Erfolg zur Dampferzeugung benutzt. Auch dies Arrangement ist aus Fig. 27 ersichtlich. Der zunächst liegende Kessel war circa 45 Fuss (14 Meter) vom Ofen entfernt, und dennoch erhielt man zweimal mehr Dampf als bei Feuerung mit Steinkohle. Das Kesselrohr war durch eine Mauer in zwei Abtheilungen getrennt, und das Gas ging viermal durch und unter dem Kessel entlang und machte einen Gesammtweg von mehr als 116 Fuss (36,6 Meter). Budd berechnete die Kohlenersparniss auf 35 tons = 71 Ctr. Anthracit wöchentlich, und die jährliche Kostenersparniss auf 350 Pfd. Strl. Er behauptet sogar, dass es vortheihafter sei, einen Hochofen, ohne weiter etwas darin zu schmelzen, nur als Gasgenerator zu benutzen und die darin erzeugten Gase zur Kesselheizung und Winderhitzung zu verwenden, als besonders Feuerungen für jeden Kessel und Winderhitzungs-Apparat zu benutzen [1]).

Mit der allgemeineren Benutzung der Gichtgase wurden auch die Zwecke, zu denen sie angewendet wurden, mannigfaltiger. Man brauchte

---

[1]) Budd's Arbeit enthält einige merkwürdige Angaben Schafhäutl's über die Zusammensetzung der Gichtgase der Hochöfen von Ystalifera, welche wir nicht stillschweigend übergehen können, nämlich folgende beiden Analysen.

	I.	II.
Kohlensäure	0,136	9,546
Kohlenoxyd	18,974	12,012
Wasserstoff	27,844	21,278
Sumpfgas	3,212	2,548
Schweflige Säure, mit Spuren von Arsen- und Phosphorwasserstoff	Spur	0,111
Stickstoff	49,844	54,505

Das Gas I. ward 15,5 Fuss (4,88 Meter) unter der Beschickungsoberfläche, Gas II. aus nur 11,6 Zoll (0,305 Meter) unter derselben entnommen.

Nun ist das Brennmaterial Anthracit, und doch enthält das Gas mehr als 20 Proc. Wasserstoff! Mit Recht mag Budd schreiben: „Der grosse Gehalt an Wasserstoff in der Analyse ist auffallend, da Anthracit nur 2 bis 3 Proc. Wasserstoff enthält." Dieser Gehalt ist nicht nur auffallend, sondern vollständig unerklärlich. Er steht zudem in directem Widerspruch mit den Resultaten aller anderen Analytiker, so dass man kaum anders, als an einen Fehler in der Analyse denken kann.

sie ausser zur Erhitzung der Gebläseluft und zur Dampferzeugung zum Rösten der Erze und zum Brennen des Kalkes, zum Verkohlen des Holzes, zum Dörren des Holzes und Torfes, zum Ziegelbrennen, Trocknen von Formen, Kernen und Giesskellen, zum Feinen, Frischen, Wärmen und Schweissen des Eisens, zum Umschmelzen desselben und noch zu manchen anderen Zwecken. Von dieser mannigfaltigen Anwendung der Gichtgase ist man allmälig wieder zurückgekommen und beschränkt sich gegenwärtig im Wesentlichen auf die Benutzung derselben zur Dampferzeugung für die Gebläsemaschinen in erster und zur Winderhitzung in zweiter Reihe, oder auf ihre Benutzung zum Rösten von Eisensteinen und zur Winderhitzung, wenn man die Gebläsemaschine mit Wasserkraft betreibt [1]).

Einfluss der Gichtgasentziehung auf den Hochofengang. Wie alle neuen Processe, verschaffte sich, wie erwähnt wurde, auch die Benutzung der Gichtgase nur allmälig Eingang. Sie fand von vielen Seiten Widerstand, weil man ihr einen schlechten Einfluss auf den Gang des Hochofens zuschrieb, ja auf vielen Werken wurden die schon getroffenen Einrichtungen aus diesem Grunde wieder abgeschafft.

Selbst Scheerer konnte in seinem Lehrbuche der Metallurgie 1848 noch sagen [2]):

„Durch vielfache Erfahrung ist man jetzt fast allgemein zu der Ueberzeugung gelangt, dass die Ableitung der Gichtgase aus einem Eisenhochofen nicht geschehen kann, ohne den guten Gang des Hochofen-Processes mehr oder weniger zu beeinträchtigen. Dies ist wenigstens bei der Ableitung so beträchtlicher Gasquantitäten der Fall, wie sie zur Feuerung eines oder gar mehrerer Puddelöfen erfordert werden. Der Grund dieser Beeinträchtigung lässt sich leicht einsehen, wenn man die wesentliche Function der im Hochofen aufsteigenden Gase berücksichtigt, welche Function in der oberen Hälfte des Ofenschachtes keineswegs zu Ende ist. Die grossen ökonomischen Vortheile, die man sich anfänglich von der Anwendung der Gichtgase als Brennmaterial versprach, sind in der Praxis bei weitem nicht erreicht worden, und man hat daher angefangen, theils der Benutzung der Gichtflamme, theils der Anwendung der Generatorgase entschieden den Vorzug zu geben."

Ausser dem chemischen Einflusse, den die Entziehung der Gichtgase mit sich bringen sollte, sah Scheerer [3]) auch einen physikalischen Einfluss in der dadurch bewirkten Entziehung von Wärme.

Es wurden zahlreiche Beläge aus der Praxis für die Verschlechterung des Ofenganges durch die Entziehung der Gichtgase aufgeführt [4]),

---

[1]) Z. B. in Schweden, vergl. Zeitschrift f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen in Preussen 1867. S. 8. Die Literatur über die Geschichte der Gasentziehung findet sich in dem bereits citirten Werke Zerrenner's, Einführung, Fortschritt und Jetztstand der metallurgischen Gasfeuerung im Kaiserthum Oesterreich, Wien 1856, S. 250 u. f. zusammengestellt. — [2]) S. 531. — [3]) Metall. II, S. 41. — [4]) Op. cit. II, 112.

und zu gleicher Zeit suchte man zu beweisen, dass selbst, abgesehen hiervon, die ökonomischen Vortheile unbedeutend oder gar nicht vorhanden seien [1]).

Aber schon die allgemeine Einführung der Gichtgasentziehung in neuester Zeit weist nach, dass alles Fehlschlagen derartiger Einrichtungen nicht in der Sache, sondern in der falschen Anlage, oft auch in der falschen Benutzung der Gase gelegen haben müsse. Es werden einige Beispiele zeigen, wie scheinbar geringe Fehler in der Construction der Apparate oft einen bedeutenden Einfluss ausüben können.

Der bekannte Hochofenmeister S. H. Blackwell leitete einen mit einem sechsfüssigen Cylinder bei offener Gicht zum Abfangen der Gichtgase versehenen Ofen [2]). Es traten dabei zwei Uebelstände, nämlich Kippen der Gichten und Verbrennen der Formen, auf. Es schienen die bei den Verbrennungsapparaten angebrachten Essen die Gase nicht stark genug abzuziehen, man beschloss daher einen Doppeltrichter (siehe unten), also geschlossene Gicht anzuwenden. Sofort arbeitete der Ofen gut, regelmässig und mit starker Erzgicht, aber — das Roheisen war weiss. Trotz der Vergrösserung der Brennmaterialmenge und trotz des nun erfolgenden Auftretens guter grauer Schlacke blieb das Eisen nach wie vor weiss. Man beschloss, da graues Eisen erforderlich war, den Gichtgasfang aufzugeben, und öffnete die Gasventile. Da wurde mit einem Male das Eisen grau und blieb so. Offenbar war also, da die Beschickungsweise genau dieselbe blieb (der Apparat war ja nicht entfernt worden), die Spannung der Gase zu hoch gewesen. Hätte man also, fügen wir hinzu, entweder die Gicht erweitert oder die Saugesse erhöht, so hätte man trotz Gasentziehung dasselbe Resultat erreicht.

Derselbe Blackwell hatte zu anderer Zeit zwei Hochöfen in Derbyshire zu leiten, deren Gase zur Winderhitzung benutzt wurden und welche unter gewöhnlichen Verhältnissen regelmässig arbeiteten. Wenn indessen der Wind von einer besonderen Richtung stand, so drückte er auf die sehr nahe der Gicht gelegenen Gasöffnungen derartig, dass das Gas nicht regelmässig ausströmte, oder gar mit atmosphärischer Luft gemischt in der Röhrenleitung hinabbrannte und grosse Unannehmlichkeiten verursachte. Eingeführte Blechcylinder von geringer Breite (nur $4^1/_2$ und 6 Fuss oder 1,4 und 1,8 Meter in Folge der engen Gichten) gaben zwar regelmässig unentzündetes Gas, aber in dem engeren Ofen kippten die Gichten, und

[1]) So z. B. von Truran, vergl. Berg- u. Hüttenm. Zeitg. 1856. S. 337. Der Bearbeiter selbst hat dies erfahren müssen. Als er oberschlesischen Hüttenleuten auf Grund seiner in Süd-Wales gesammelten Erfahrungen im Jahre 1860 Gichtgasentziehung vorschlug — es bestand eine solche Einrichtung damals nur auf der Redenhütte bei Zabrze — wurde er ebenso wie mit dem Vorschlage, geschlossene Wasserformen, sehr weite, gekühlte Gestelle und ähnliche Veränderungen anzuwenden, als „sonderbarer Schwärmer“ verlacht, und doch sind jetzt alle diese Dinge mit gutem Erfolg eingeführt. — [2]) Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Birmingham Oct. 7. 1852. p. 196.

die Production sank beträchtlich. Als man sich nach einigen Wochen zur Wiederentfernung des Cylinders gezwungen sah und andere Mittel anwandte, um das Entzünden der Gase zu verhindern, nahm der Ofen sofort seinen guten Gang wieder an. Der weitere Ofen arbeitete besser; als jedoch bei diesem der Cylinder verbrannte, legte man einfache, aber tiefer gelegene Gasöffnungen an und that dasselbe beim anderen Ofen. Beide gingen nun Jahre lang gut fort und gaben reichlich Gas zur Winderhitzung ohne Anwendung irgend welcher Kohle in den Apparaten. Auch hier lag der Grund der Verbesserung in der Erweiterung der Gicht. Das einfache Tieferlegen der Gasentnahmeöffnungen hätte nicht genügt, wogegen trotz des Cylinders eine weite Gicht denselben Zweck erfüllt haben würde.

Auch Blackwell zieht daraus den richtigen Schluss, dass die schlechten Resultate dieser und ähnlicher Einrichtungen auf anderen Werken nicht Folge der Gasentziehung an sich seien, sondern ihren Grund meist in der zu engen Gicht gehabt haben. „Es sei," bemerkt er, „die Ursache der eintretenden Unregelmässigkeiten allerdings nicht in der Verengung der Ofenweite durch den eingehängten Apparat zu suchen, da der dünne Blechcylinder eine kaum merkliche Verkleinerung des Querschnittes herbeiführe und also auch die Spannung der Gase nicht zunehmen könne, wohl aber würde das durch den Apparat bewirkte ungleichmässige Niedergehen der festen Substanzen und das ungleichförmige Aufsteigen der gasförmigen schon genügen, einen schlechten Gang hervorzurufen." In Wales, wo man von vornherein weite Gichten hatte, konnte man beim Einhängen der gleichen Gasapparate keinen Nachtheil bemerken.

Ort der Gasentziehung. Lässt man die Gase aus der Gicht einfach entweichen und an der Atmosphäre verbrennen, leitet aber die Flamme, anstatt sie ins Freie aufsteigen zu lassen, in irgend welche Apparate, ändert mithin nur ihre Richtung, so kann ein Einfluss auf den Hochofengang hierdurch in keiner Weise ausgeübt werden. Diese älteste Methode, die Gichtgase als directe Gichtflamme zu benutzen, ist auch erfahrungsmässig eine durchaus unschädliche für den Hochofengang.

Da indessen hierbei ein grosser Theil der Gase nicht vollständig an dem Orte, an dem die Hitze gebraucht werden soll, sondern früher oder später verbrannt wird, so ist die Ausnutzung der Gase auf diese Weise eine sehr unvollkommene. Will man nun die Gase unverbrannt vom Ofen fortleiten, so kann dies auf zwiefache Weise geschehen: erstens dadurch, dass man sie ableitet und auffängt, ehe sie die Oberfläche der Beschickung (die Gicht) erreichen und dort Gelegenheit haben, an der atmosphärischen Luft zu verbrennen, und zweitens dadurch, dass man sie zwar über die Beschickungssäule treten lässt, aber den Zutritt der Luft zu ihnen abschneidet, also ihre Verbrennung verhindert, was nur durch Bedecken der Gicht erzielt werden kann.

Gasabziehung unterhalb der Oberfläche der Beschickung. Wenn man die Gase unterhalb der Oberfläche der Beschickung entzieht, so kann dies natürlich an irgend einem Orte in der ganzen Höhe des Ofens geschehen. Nach den ersten Analysen Bunsen's, Playfair's und Scheerer's von den Hochofengasen könnte man über den Ort, wo die Gase die grösste Heizkraft besitzen, einigermaassen zweifelhaft sein, mit Zuhülfenahme der späteren Untersuchungen jedoch muss man als den Punkt, wo die Gase am reichsten an unverbrannten, brennbaren Bestandtheilen sind, eine geringe Höhe über der Form annehmen, nämlich den Theil des Hochofens, wo die vor der Form erzeugte Kohlensäure in Kohlenoxyd umgewandelt und aller Wasserdampf zersetzt ist, ohne dass andererseits schon wieder eine Bildung von Kohlensäure durch Reduction der Erze eingetreten ist. Wollte man indessen an diesem Punkte die Gase ableiten, so würde man den Hochofenprocess in Folge der Entziehung des reducirenden Agens unmöglich machen. Die Gase haben erst in der Nähe der Gicht, wenn die Temperatur zu niedrig für eine reducirende Thätigkeit derselben geworden ist, ihre Wirksamkeit für den Hochofenprocess verloren, und erst dann darf man sie also fortnehmen, ohne jenen zu beeinträchtigen. In den höchsten Regionen, in denen der gesammte Wassergehalt der Beschickung sich vorfindet, sind die Gase im Verhältniss so arm an brennbaren Bestandtheilen, dass sie sich zuweilen ohne Weiteres gar nicht mit Vortheil verwenden lassen, sondern erst durch vollständige Abkühlung von ihrem Wassergehalt befreit werden müssen, ehe man sie verbrennen kann.

Wenn man die mitgetheilten Analysen zu Grunde legt, so wird man im Allgemeinen 1 bis $1^1/_2$ (auch bis 2) Zehntel der Höhe von der Gicht abwärts als den Raum bezeichnen können, in welchem das Kohlenoxyd seine Aufgabe bereits vollständig erfüllt hat. In der Praxis rechnet man gewöhnlich 5 Fuss (1,75 Meter), indessen auch nicht selten 8 bis 11 Fuss (2,66 bis 3,66 Meter) von der Gicht, als die Tiefe, in der man unbeschadet des Hochofenganges Gase entziehen kann.

In den einzelnen Fällen wird man zweckmässig auf die Weise verfahren, dass man zuerst durch Proben oder Analysen den Punkt ermittelt, wo sich keine wesentlichen Mengen unzersetzten Wasserdampfes mehr befinden und sodann den Punkt, wo der Gehalt an Kohlenoxydgas nach oben zu nicht mehr abnimmt. Diese beiden Punkte bilden beziehungsweise die obere und die untere Grenze des Raumes, aus dem man die Gichtgase entziehen soll. Schwieriger ist allerdings die Frage zu entscheiden, wo die Gasentziehung am ökonomischsten ist. Es kann z. B. der Fall eintreten, dass durch tiefere Gasentziehung der Reductionsprocess zwar beeinträchtigt, also ein grösserer Brennmaterialaufwand im Hochofen nothwendig wird, und dennoch diese tiefere Entnahme deshalb als eine ökonomische Einrichtung sich berechnet, weil andernfalls bei Nichtanwendung derselben der dann erforderliche Mehrverbrauch an

Brennmaterial z. B. zum Rösten der Eisensteine die Eisenerzeugung kostspieliger machen würde.

Wenn man nun auch die Gase in der bezeichneten Gegend, d. h. oberhalb der Reductionszone entzieht, so kann trotzdem dadurch ein Einfluss auf den Hochofenbetrieb, und zwar durch dreifache Veranlassung, ausgeübt werden.

Erstens wird die von den Gasen mitgebrachte Wärme den obersten Theilen des Hochofens entzogen, die Vorbereitung der Materialien (Austreiben des Wassers u. s. w.) also verzögert; zweitens wird den Gasen eine bestimmte andere Richtung gegeben, als sie genommen hätten, wenn man ihnen einen freien Austritt aus der Gicht gestattet hätte; drittens kann durch gewisse Einrichtungen an den Verbrennungsapparaten, z. B. hohe Essen, den Gasen eine grössere Geschwindigkeit mitgetheilt werden, als sie bei freiem Austritt aus der Gicht haben würden.

Was den ersten Punkt anbetrifft, so ist er schon insofern von praktischer Bedeutung, als die Materialien, nunmehr erst in tieferer Region ihr Wasser abgebend, mit diesem die Gase mehr verunreinigen, als man nach vorher angestellten Beobachtungen hätte erwarten können. Indessen ist dieser Nachtheil meistens nicht gross, da die Gase, wie wir später sehen werden, gewöhnlich vor ihrer Verwendung bis zur Condensation alles Wassers abgekühlt werden. Wichtiger ist ein anderer Nachtheil, welcher namentlich dann, wenn alle vorhandenen Gase entzogen werden, dadurch entsteht, dass die über den Gasentziehungsöffnungen gelegene Ofenhöhe als verloren für die Vorbereitung (Vorwärmung) der Erze angesehen und daher unter sonst gleichen Umständen die Gesammthöhe des Ofens vergrössert werden muss.

Der zweite Punkt, die Richtungsänderung des Gasstroms, kann von sehr grossem Einflusse sein. Man kann die Gase niemals auf dem ganzen Querschnitt, sondern nur entweder an den Wänden oder in der Mitte abziehen. Zieht man sie an den Wänden ab, so wird hierdurch das natürliche Bestreben der Gase, an den Ofenwänden entlang aufzusteigen, noch vermehrt; zieht man sie in der Mitte ab, so wird dem entgegengearbeitet.

Da die Gase, wie bereits schon Seite 280 erörtert, stets das Bestreben haben, wegen des geringeren Widerstandes an den Wänden schneller emporzusteigen, als in der Mitte, so wird dieses für die Ausnutzung der Gase beim Hochofenprocess ungünstige Verhältniss durch seitliche Gasentziehung bis zu einem Grade wachsen können, dass der Hochofenprocess wesentlich gestört wird. An sich ist daher die Entziehung der Gase aus der Mitte vorzuziehen. Bei der Beschreibung der hierzu benutzbaren Apparate wird sich indessen zeigen, dass gerade diejenigen Vorrichtungen, welche geeignet sind, die Gase unterhalb der Beschickungsoberfläche aus der Mitte des Ofenquerschnittes zu entziehen, leicht Störungen in Bezug auf den gleichmässigen Niedergang der festen Beschickungsmaterialien ausüben und daher nur unter besonderen Verhält-

nissen mit Vortheil angewendet werden können. Uebrigens ist zu berücksichtigen, dass der ungünstige Einfluss seitlicher Gasentziehung bei dicht liegenden Beschickungsmaterialien (mulmigen Erzen, zerreiblichen Kohlen) mehr hervortreten muss, als bei lose liegenden (festen Stückerzen und dichten Koks).

Der dritte Punkt ist die Schnelligkeit der Gase im Hochofen. Vorausgesetzt, ein Hochofen hätte an der Gicht und an den Formen gleichen Querschnitt und wäre leer und kalt, so würde der Wind dieselbe Geschwindigkeit an beiden Orten besitzen. Die Geschwindigkeit wird aber von unten nach oben einestheils dadurch vermehrt, dass der Wind bei der Verbrennung des Kohlenstoffs zu Kohlenoxyd, sowie durch Aufnahme anderer Gase und endlich in Folge der abnehmenden Pressung sein Volumen vergrössert, anderentheils dadurch vermindert, dass in Folge der von der Form bis zur Gicht abnehmenden Temperatur das Volumen der Gase in derselben Richtung sich verkleinert, sowie dadurch, dass die Reibung an den festen Materialien hemmend entgegen wirkt.

Da die Gicht in den meisten Fällen einen bedeutend grösseren Querschnitt hat, als der Querschnitt zwischen den Formen beträgt, so ist die Geschwindigkeit, mit welcher die Gase, wenn sie nicht künstlich abgeleitet werden, aus der Gicht ausströmen, gewöhnlich eine sehr geringe. Diese von der Construction des Hochofens wesentlich abhängige Geschwindigkeit des aufsteigenden Gasstroms wird nun durch ein Ansaugen der Gichtgase naturgemäss vergrössert. Bei einem Hochofen, in welchem vor Anlegung eines Gichtgasfanges die Gase eine zweckentsprechende Geschwindigkeit hatten, d. h. sowohl ihre Wärme hinreichend abgaben, als ihre chemische Wirksamkeit möglichst vollkommen ausübten, wird dies nach Einrichtung eines Gasentziehungs-Apparates mit Saugvorrichtung nicht mehr der Fall sein und es wird demgemäss der Ofengang verschlechtert oder der Brennmaterialverbrauch vergrössert, oder man muss, um die früheren Resultate zu erreichen, den Ofen erhöhen. Der verschlechterte Ofengang zeigt sich in diesem Falle meist in dem Eintreten des sogenannten Oberfeuers, d. h. einer zu hohen Temperatur in den oberen Theilen des Hochofens.

Bei einer weiteren Fortleitung der Hochofengase muss unter allen Umständen der Widerstand, welchen dieselben in der Gasleitung und den Verbrennungsapparaten finden, ein geringerer sein, als der, welchen ihnen die über ihren Abzugsöffnungen lastende Beschickungssäule verursacht, sonst würden die Gase den Weg aus der Gicht und nicht in die Gasleitung nehmen. Da nun die Gase meist auf der Hüttensohle verbrannt werden, so ist es aus dem angeführten Grunde nöthig, die Verbrennungsapparate mit einem künstlichen Zuge, einer Esse von etwas grösserer Höhe als die des Hochofens ist, zu versehen. Man kann mittelst dieser Einrichtung und durch Anbringung von Registern leicht den Zug und also auch die Geschwindigkeit der Gase so reguliren, dass dieselben den Hochofen mit einer Geschwindigkeit verlassen, die nur um

wenig grösser ist, als diejenige, mit der sie bei freiem Austritt, ohne weitere Auffangung, ausströmen würden. Aber auf diesen Punkt wird sehr häufig auf den Hüttenwerken zu wenig geachtet und dadurch ein schlechter Ofengang erzielt, den man dann der Gasentziehung an sich zuschreibt. An Stelle der Esse setzt man zuweilen (z. B. in Barrow in Cumberland) einen Saugeventilator, durch welchen die Gase zum Verbrennungsapparate befördert werden.

Man kann den (bei falscher Anlage) durch Verbindung einer höheren Esse oder eines Ventilators mit dem Verbrennungsapparat hervorgerufenen Nachtheil einer zu grossen Gasgeschwindigkeit zwar dadurch ganz vermeiden, dass man die Gicht des Ofens bedeckt und dieselbe nur beim Aufgeben der Beschickung ganz oder theilweise öffnet. Derartige Einrichtungen haben aber keinen Vorzug gegen diejenigen, bei denen die Gase über der Beschickung abgezogen werden, sondern vereinigen die Nachtheile beider Einrichtungen.

Die Geschwindigkeit der Gichtgase eines Hochofens lässt sich auf dreifache Weise ermitteln; erstens, indem man von der bekannten Geschwindigkeit der unten in den Hochofen eintretenden Gase die den Widerständen im Hochofen entsprechende Geschwindigkeit abzieht; zweitens, indem man das Volumen der aus der Gicht ausströmenden Gase berechnet und es durch den Querschnitt der Ausströmungsöffnung dividirt; drittens, indem man das aus Analysen abgeleitete Volumen der Gichtgase durch den Querschnitt der Ausströmungsöffnung dividirt. Alle drei Methoden geben in Folge unzureichender Kenntniss einiger zur Berechnung nöthiger Factoren unvollkommene Resultate.

1) Theoretische Grundlagen für die erste Art der Berechnung hat Schinz[1]) geliefert. Er findet, dass die Widerstände im Hochofen sich zusammensetzen aus der Reibung an den Materialien und den Umbiegungen, welche die Wege der Gase zwischen den Materialien zu erleiden haben, und berechnet den Widerstand der Reibung nach der Formel $\frac{KCT}{4S}p$ und den der Umbiegungen nach der Formel np, worin K den Reibungscoëfficienten $= 0{,}024$, CT die Contactfläche (Summe der von den Gasen bestrichenen Oberflächen der festen Materialien), p die der jedesmaligen Geschwindigkeit zukommende Druckhöhe[2]), S den Querschnitt des freien Raumes zwischen den Materialstücken und n die Zahl der Umbiegungen bedeuten. CT lässt sich nur unter der Annahme gleich grosser Stücke von bestimmter Form, z. B. Kugeln, finden, ebenso n, welches dann gleich ist dem Quotienten des Durchmessers der Stücke in die senkrechte Höhe des Schachtes (beziehungsweise Schachtabschnittes). Ebenso unsicher ist die Bestimmung von S; schon Mayrhofer[3]) hat ver-

---

[1]) Documente betreffend den Hochofen S. 40 und S. 116. — [2]) $p = \frac{v^2}{2g}$, v Geschwindigkeit in Metern, $2g = 19{,}62$ Meter. — [3]) Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 1861, S. 100.

sucht, das Verhältniss des von Gasen erfüllten Querschnittes zu dem der festen Materialien numerisch zu bestimmen und hat es = 1 : 2 angenommen, d. h. er glaubt, die Gaswege nehmen $^1/_3$, die festen Materialien $^2/_3$ des Gesammtquerschnittes in Anspruch. Eine Begründung dieser Annahme vermisst man indessen. Schinz geht rationeller zu Werke, indem er unter der Annahme, die Materialien seien Kugeln von gleichem Durchmesser, das Verhältniss = 0,2154 : 0,7846 oder = 1 : 3,6 berechnet. Uebrigens macht Schinz richtig darauf aufmerksam, dass selbst dies Verhältniss vor den Formen, wo die Brennmaterialstücke gewissermaassen im Gasstrome schwimmen, nicht mehr ganz zutreffen könne, und in der That lässt sich auch annehmen, dass da, wo alles Brennmaterial vergast wird, die Gase einen sehr bedeutenden Theil des Querschnitts anfüllen. Aber selbst unter der Voraussetzung, dass alle jene Annahmen der Wahrheit hinreichend nahe liegen, muss man, um p zu finden, doch noch das Volumen der Gase kennen und dies wird, wie bereits erwähnt, bei gleicher Pressung theils durch die Temperatur, theils durch Aufnahme anderer Bestandtheile verändert. Schinz nimmt zur Vereinfachung seiner Berechnungen an, dass sich das Volumen der Gase aus dem zuletzt angeführten Grunde nicht ändere, dass sich daher die jedesmalige Geschwindigkeit v durch Division des auf die herrschende Temperatur bezogenen Volumens durch den freien Querschnitt und daraus p nach der bekannten Formel $\frac{v^2}{2g} = p$ [1]) ergebe.

2) Zur Berechnung des Volumens der Gichtgase aus dem Volumen des eingeblasenen Windes bedient man sich folgenden Weges, welchen Mayrhofer [2]) zuerst angebahnt hat. Das effectiv durch jede Düse in den Ofen gelangende Windquantum ist (nach Seite 174) M_0, das gesammte Windquantum bei n Düsen oder Formen daher $n M_0$. Dasselbe enthält 0,21 $n M_0$ Vol. Sauerstoff und 0,79 $n M_0$ Vol. Stickstoff. Da 1 Vol. Sauerstoff zwar 1 Vol. Kohlensäure aber 2 Vol. Kohlenoxyd giebt, so entstehen $(0{,}41 + 0{,}79)\, n M_0 = 1{,}20\, n M_0$ Volumina. Ist nun die Temperatur im Hochofen t, so entsteht das Volumen $1{,}20\, n M_0\, (1 + 0{,}0036\, t)$ und ist die Pressung (der Ueberdruck über den Druck der Atmosphäre) p, so erhält man das Volumen

$$M_2 = \frac{1{,}20\, n M_0\, (1 + 0{,}00366\, t)\, 0{,}76}{0{,}76 + p}.$$

Beim Aufsteigen der Gase vermehrt sich das Volumen wesentlich durch den Theil Kohlenoxyd, welcher in Folge der Erzreduction in Kohlensäure übergeht und dadurch sein Volumen verdoppelt. Nennt man diesen Theil c, so wird aus $1{,}20\, n M_0$ das Volumen: $(0{,}41 - c)\, n M_0 + 2\, c\, n M_0 + 0{,}79\, n M_0 = (1{,}20 + c)\, n M_0$. Wird endlich mit $r\, n M_0$ das Volumen der aus dem Kalkstein hinzutretenden Kohlensäure, des Wasserdampfes etc. bezeichnet, so erhält man als Gichtgasvolumen

[1]) Siehe Anmerkung 2. S. 325. — [2]) Loc. cit.

$$M_3 = \frac{(1{,}20 + c + r)\, n\, M_0\, (1 + 0{,}00366\, t_1)\; 0{,}76}{0{,}76 + p},$$

oder, da an der Gicht $p = 0$ ist,

$$M_3 = (1{,}20 + c + r)\, n\, M_0\, (1 + 0{,}366\, t_1).$$

Wenn nun die Gase aus der Gicht im vollen Querschnitt des Ofens F ausströmen, so ist $\frac{M_3}{F} = v$ die Geschwindigkeit der Gichtgase. t_1 kann zwar nach dem Vorhergehenden im Durchschnitt zu 300⁰ angenommen werden, schwierig aber ist es, a priori die Werthe von c und r auch nur annähernd zu bestimmen.

3) Genaue Resultate ergeben sich nur aus einer Berechnung, welche sich auf Analyse der Gichtgase gründet. Da der Stickstoffgehalt der Gase an Form und Gicht für dieselbe Zeiteinheit gleich ist, so lässt sich das Volumen der Gichtgase aus dem mit der atmosphärischen Luft in den Ofen gelangenden Stickstoffvolumen mit Zuhülfenahme von Temperatur und Pressung berechnen. Ein Beispiel zeigt dies am besten. In dem Ofen zu Hammarby (Seite 223) sind die Gase an der Gicht auf 100 Vol. Stickstoff zusammengesetzt aus

41,2	Vol.	Kohlenoxyd,
24,0	„	Kohlensäure,
13,6	„	Wasserstoff,
2,7	„	Grubengas,
5,4	„	Wasserdampf,
100,0	„	Stickstoff
Zusammen: 186,9	Vol.	

Das Volumen der Gichtgase, welche pro Secunde aus dem Hochofen ausströmen, ist mithin, da pro Secunde in den Ofen 0,235 Cubikmeter Luft oder 0,186 Cubikmeter Stickstoff eingeführt werden,

$$\frac{186{,}9\ .\ 0{,}186}{100} = 0{,}348 \text{ Cubikmeter}$$

pro Secunde. Die Pressung der Gichtgase ist in 0,89 Meter Tiefe zu nur 2,6^{mm} Wassersäule gefunden, verschwindet daher für die Rechnung, wogegen die Temperatur von 500⁰ das Volumen auf 0,348 (1 + 0,00366 . 500) = 0,985 Cubikmeter vergrössert. Der Durchmesser der Gicht ist = 1,485 Meter, also deren Fläche 1,73 Quadratmeter. Die Geschwindigkeit des Gasstroms $v_1 = \frac{M_3}{F_1}$ ist mithin $\frac{0{,}985}{1{,}73} = 0{,}57$ Meter.

Durch Vergleiche der Ofengase in verschiedenen Tiefen lassen sich auf diese Weise auch die Widerstände im Hochofen ermitteln, aber man wird dann gezwungen, eine Annahme in Bezug auf das Verhältniss der Gaswege zum Querschnitt der festen Materialien einzuführen.

In dem Hammarby-Ofen bestehen z. B. die Gase vor der Form aus

62,4	Vol.	Kohlenoxyd,
0,8	„	Kohlensäure,
2,8	„	Wasserstoff,
100,0	„	Stickstoff
Zusammen: 166,0	Vol.	

Dies giebt pro Secunde 0,309 Cubikmeter Gas, die Temperatur ist 2000°, die Pressung 0,16 Meter Wassersäule = 0,0118 Meter Quecksilbersäule, daher das Volumen

$$M_2 = \frac{0,309\ (1 + 0,00366\ .\ 2000)\ 0,76}{0,76 + 0,012} = 2,53 \text{ Cubikmeter.}$$

Wäre der Querschnitt ganz frei, so würde die Geschwindigkeit $v = \frac{M_2}{F}$, da der Dtr. an den Formen 0,891 Meter beträgt, $= \frac{2,53}{0,891} = 4,4$ Meter sein, unter der Zugrundelegung der Mayrhofer'schen Annahme über den Querschnitt der Gaswege dagegen = 4,4 . 2 = 8,8 Meter, unter Zugrundelegung der Schinz'schen Annahme 4,4 . 3,6 = 15,8 Meter pro Secunde [1]).

Man sieht leicht, dass die Geschwindigkeit im umgekehrten Verhältniss zur Gichtweite steht. Bei einem Ableiten der Gase unterhalb der Beschickungsoberfläche vertritt das Gasleitungsrohr die Gicht. Da nun das Volumen der Gase an der Ableitungsstelle so gross angenommen werden kann, als es sein würde, wenn die Gase aus der Gicht ausströmten, so würde die Geschwindigkeit der Gase bei ihrem Eintritt in das Rohr $\frac{M_3}{f}$ sein, wenn mit f der Querschnitt des Leitungsrohres bezeichnet wird. Es herrscht aber in dieser grösseren Tiefe auch eine grössere Pressung und da sich daher das Volumen M_3 zum Volumen M_4 am Abzugsrohr umgekehrt verhält wie die Pressung an der Gicht p_3 zur Pressung in der tieferen Gegend p_4, d. h. $\frac{M_3}{M_4} = \frac{0,76 + p_4}{0,76 + p_3}$, so braucht der Querschnitt der Rohrleitung auch nur ein entsprechend geringerer als der der Gicht zu sein.

Gasentziehung über der Beschickungsoberfläche. Will man die Beschickung von den Gasen ganz durchziehen lassen, so muss man, falls man die Gase nicht direct als Gichtflamme verwendet, den Luftzutritt abschneiden, man muss mit anderen Worten die Gicht bedecken.

---

[1]) Mayrhofer fand sehr abweichende, zum Theil durch Rechenfehler veranlasste Resultate. Conf. Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1861, S. 118. — Truran nimmt für enge Gichten 32 Meter pro Secunde als Maximum an. Conf. Kerl, Metall. III, S. 234.

Das Verdienst, auf die Vortheile dieses Verfahrens gegenüber der Ableitung der Gase unterhalb der Beschickungsoberfläche zuerst aufmerksam gemacht zu haben, gebührt dem bekannten Eisenhüttenmann Parry in Ebbw-Vale (Süd-Wales). „Das Gas," sagt derselbe, „muss aus einer Kammer entnommen werden, welche über der Oberfläche der Beschickung construirt ist; denn wenn es aus irgend einem anderen Punkt des Hochofens unter jener Oberfläche entnommen wird, so folgen Nachtheile in grösserem oder geringerem Maasse" [1]). Der Vorzug des erwähnten Verfahrens besteht nämlich darin, dass die Gase in chemischer und physikalischer Beziehung vollständig für den Hochofen ausgenutzt werden, dass man ihnen keine grössere Geschwindigkeit zu geben braucht, als sie bei ihrem natürlichen Ausströmen haben würden, ja dass man diese Geschwindigkeit herabdrücken und die Gase dadurch zu einem längeren Verweilen im Hochofen zwingen kann.

Indessen bietet die Ableitung der Gase bei bedeckter Gicht in Vergleich mit der vorher besprochenen Gasentziehung auch folgende beiden Nachtheile. Erstens bewirkt die Bedeckung der Gicht, dass man nicht immer die Beschickungsoberfläche und deren Niedergang beobachten kann, dass beim Oeffnen des Gichtverschlusses der Gasstrom mehr oder minder unterbrochen wird, falls nicht wieder mit den Verbrennungsapparaten Saugvorrichtungen verbunden sind, dass daher die Vertheilung der Beschickung auf mechanische Weise vorgenommen werden muss. Zweitens erhält man in den Gichtgasen die gesammten Wasserdämpfe der Beschickung und hat daher in den meisten Fällen eine Reinigung der Gase unumgänglich nothwendig.

Es hat sich aus Versuchen von Hoff ergeben, dass die zweckmässigste Pressung der Gase bei geschlossener Gicht $^{1}/_{12}$ bis $^{1}/_{8}$ Zoll (2,2 bis 3,3 Millim.) Wassersäule sei, weil dann die Reibung in den Gasleitungen noch hinreichend überwunden wird, so dass die Gase im Verbrennungsapparate in gleichmässigem Strome austreten, ohne dass es irgend einer saugenden Vorrichtung bedarf [2]).

---

[1]) Proceedings of the South Wales Institute of Engineers, I, p. 26. Jan. 1858. Der Bearbeiter stimmt, wie das Folgende ergiebt, mit der entschiedenen Ansicht Parry's vollkommen überein und theilt nicht die vermittelnde Ansicht Percy's, welcher in Betreff dieses Gegenstandes sagt: „Es hat, wenn ich nicht sehr irre, Erfahrung an vielen Orten sowohl in England als anderswo gelehrt, dass das Gichtgas, wenigstens theilweise, selbst in beträchtlicher Tiefe unter der Oberfläche der Beschickung, mit Vortheil und ohne schädlichen Einfluss entzogen werden kann. Um nicht missverstanden zu werden: Während Parry in seiner Folgerung correct sein mag in Bezug auf eine besondere Methode der Gichtgasentziehung, auf ein besonderes Zusammentreffen von Bedingungen, was Art des Erzes, des Brennmaterials u. s. w. anbetrifft, so ist er doch nicht berechtigt, so absprechend alle anderen Methoden bei dem Zusammentreffen von anderen Bedingungen zu verurtheilen. Nichtsdestoweniger ist das Princip, welches er ausspricht, die Gase über der Oberfläche der Beschickung zu entziehen, gesund und wahrscheinlich verwendbar auf Oefen jeder Art und arbeitend unter allen Bedingungen."

[2]) Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Bd. VII, S. 436.

Intermittirender Wind. Das Verkennen der angeführten Grundsätze verleitete einige Hüttenwerke [1]) um das Jahr 1860, dem Hochofen den Wind in Absätzen zuzuführen, um, wie man glaubte, in den Zwischenzeiten den Gasen Ruhe und Gelegenheit zu grösserer Wirksamkeit zu lassen. Wenn dieses bald wieder aufgegebene Verfahren anfangs einige Vortheile mit sich brachte, so lag der Grund offenbar nur darin, dass man vorher unter falschen Verhältnissen, d. h. mit einer zu grossen Geschwindigkeit des Gasstroms (wahrscheinlich in Folge zu enger Gichten) gearbeitet hatte.

Anwendung der Hochofengase. Es bleibt nun noch die Frage zu erörtern, zu welchen Zwecken man die Hochofengase am besten verwendet.

Zuerst soll man sie zum Betrieb der Gebläsemaschinen anwenden, falls man Dampf als Movens der letzteren benutzt. Gebläse und Hochofen sind innig zusammengehörig. Sie verfolgen denselben Zweck. Geht der Hochofen schnell und entwickelt er in Folge dessen reichlich Gase, so braucht man viel Wind, folglich viel Dampf zum Betrieb der Maschine, und umgekehrt. Es werden daher auch auf Hüttenwerken oft die Dampfkessel der Gebläsemaschinen jahrelang mit Gichtgasen betrieben, ohne irgend welcher Hülfsfeuerung (für die man nichtsdestoweniger vorsichtiger Weise die Anlage machen wird) zu bedürfen. Die Erfahrung hat gelehrt, dass zur Erzeugung des nöthigen Dampfes für den Wind eines Hochofens dessen Gichtgase immer mehr als ausreichend sind.

Falls man nun die Gebläsemaschinen mit Wasserkraft betreibt (z. B. in Schweden), so wendet man am zweckmässigsten die Gichtgase zum Erzrösten an. Auch das Erzrösten steht in innigster Verbindung mit dem Hochofenprocess. Je schneller der Ofen geht, je mehr Gase er erzeugt, um so mehr gerösteter Erze bedarf man.

Für beide Zwecke gleichzeitig werden selten die Gase ausreichen. Man giebt in diesem Falle bei Verwendung der Gase der Gebläsemaschine den Vorzug, da sie in der Nähe des Hochofens gelegen sein muss, während die Erzröstöfen auch an entfernteren Orten angelegt werden können.

Die noch überschüssigen Gase wird man am zweckmässigsten zur Winderhitzung verwenden. Obwohl auch diese mit dem Hochofenbetrieb innig verknüpft ist, so ist doch das Abhängigkeitsverhältniss nicht in dem Sinne vorhanden, wie bei den zwei vorhergenannten Vorrichtungen. Geht nämlich der Ofen schlecht und entwickelt er die wenigsten Gase, so braucht man gewöhnlich den heissesten Wind und umgekehrt. Obwohl nun die Winderhitzungsapparate schon ihrer Lage wegen auf Gichtgasfeuerung hindeuten, so darf man sie doch aus dem angeführten Grunde nie ohne Reservefeuerung lassen, und es hat da, wo die Gichtgase ganz

---

[1]) Espérance in Belgien, Oberhausen in Rheinland.

zur Dampferzeugung gebraucht werden, seine volle Berechtigung, zur Winderhitzung andere Brennmaterialien anzuwenden.

Ganz falsch und unvortheilhaft ist es nun aber, Hochofengase zu Processen zu benutzen, welche in durchaus keinem Zusammenhange mit dem Hochofenprocess selbst stehen, als da sind: Ziegelbrennen, Kalkbrennen (es sei denn als Zuschlagskalk [1]), Puddeln, Schweissen u. s. w. In allen diesen Fällen wird man immer unökonomisch arbeiten.

Vor einiger Zeit war es allerdings eine Leidenschaft der Ingenieure, mit einem und demselben Apparate die verschiedensten Zwecke erreichen zu wollen. Dieselbe Maschine sollte blasen, pumpen, walzen u. dgl. m., derselbe Ofen sollte Roheisen erzeugen und zugleich die Hitze zum Feinen, Puddeln und Schweissen liefern. Von diesen, jeder Arbeitstheilung Hohn sprechenden Principien ist man glücklicher Weise in neuerer Zeit ganz abgekommen.

Gichtgasentziehungsapparate oder Gasfänge.

1. Apparate zur Entziehung der Gichtgase unterhalb der Beschickungsoberfläche.

a. Entziehung der Gichtgase an den Wänden des Hochofens.

Wasseralfinger Gasfang. Die einfachste und älteste Methode, die Gase unterhalb der Beschickungsoberfläche zu entziehen besteht darin, dass man in einer gewissen Tiefe den Kernschacht durch eine oder mehrere Oeffnungen durchbricht. In dieser Weise sind beinahe alle schwedischen, viele englische und deutsche Hochöfen construirt.

Gewöhnlich sind die Oeffnungen im Mauerwerk einfach ausgespart, ohne dass der Kernschacht des Hochofens im Uebrigen irgendwie verändert ist. Oft aber zieht man auch direct über diesen Oeffnungen den Kernschacht mehr oder weniger zusammen, um den Gasen den Austritt aus dem Ofen zu erleichtern.

In dieser Weise sind z. B. die Oefen zu Dundyvan in Schottland und zu Pontypool in Süd-Wales construirt. Beide Einrichtungen finden sich in Fig. 177 und Fig. 178 (a. f. S.) dargestellt.

In jedem dieser Oefen sind acht Oeffnungen von oblonger Gestalt rings im Kernschachte vertheilt. Sie stehen mit einem ringförmigen Raume in Verbindung, welcher nach der Gicht zu mündet und dort nur durch Platten abgeschlossen ist, um leicht gereinigt werden zu können. Die Gase strömen aus diesem Ringe in das eiserne Fortleitungsrohr [2]).

---

[1]) In welchem Falle der Kalkbrennofen mit dem Erzröstofen auf gleicher Stufe steht. — [2]) On the arrangement of the Materials in the blast furnace and the applications of the Waste-Gases. By S. H. Blackwell, of Dudley. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Birmingham. Oct. 27. 1852, p. 191.

Aehnlich war auch der bereits 1832 zu Wasseralfingen angewandte von Faber du Faur construirte Gasfang. Der mit Holzkohlen betriebene

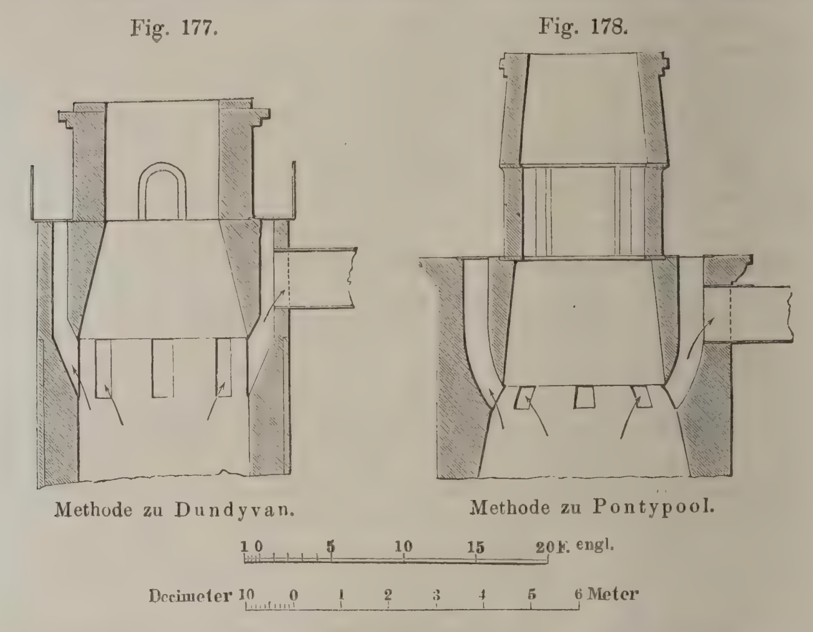


Fig. 177. Methode zu Dundyvan.

Fig. 178. Methode zu Pontypool.

Hochofen hatte unmittelbar unter der Gicht an einer Seite eine Oeffnung, von wo die Gase in einem ansteigenden, mit Gusseisen verkleideten Canal zum Winderhitzungsapparat gelangten, welcher unmittelbar am Gichtmantel stand [1]). Diese Vorrichtung ist in Fig. 98 bis 100 S. 120 abgebildet. Hier entzündeten sich indessen die Gase beim Niedersinken der Beschickung meist schon vor dem Eintritt in den geneigten Canal und diese Einrichtung beruht daher mehr auf der Benutzung der Gichtflamme, als auf der Entziehung unverbrannter Gase, welche dort erst 1837 eingeführt wurde.

In Schweden bringt man zuweilen zwei Reihen von Gasentziehungsöffnungen über einander an, oder man entzieht aus zwei sich gegenüberliegenden Oeffnungen die Gase einerseits zur Winderhitzung, andererseits zur Röstung der Erze. Die Gasleitung geht hier gewöhnlich ganz oder beinahe horizontal zum Röstofen, so dass ein besonderes Ansaugen durch Essen nicht nöthig wird [2]). Die Gasentziehungsöffnung für die Röstöfen ist circa 1 Fuss (0,314 Meter) im Querschnitt und gewöhnlich 10 bis 16 Fuss (3,14 bis 4,40 Meter) unter der Gicht, beim Hochofen zu Ham-

---

[1]) Notice sur l'appareil qui sert à chauffer le vent alimentant les hautes fourneaux de la fonderie royale de Wasseralfingen. Par. M. Voltz. Annal. des mines, 3 Sér. 4. p. 77. 1833. Worin die Benutzung des heissen Windes, die Benutzung der Gichtgase zur Erhitzung desselben und die Anwendung kupferner Wasserformen beschrieben wird. — [2]) Vergl. im folgenden Capitel: Rösten der Erze.

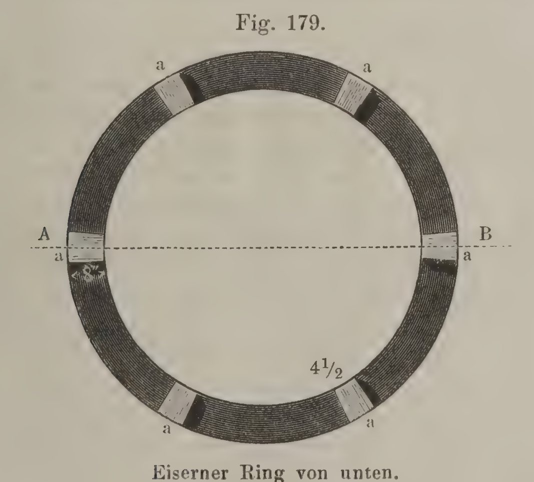
marby z. B. 16 Fuss (4,750 Meter), bei dem zu Forssjö 14 Fuss (4,157 Meter), zu Hasselfors 12 Fuss (3,564 Meter).

Man hat bei allen diesen Einrichtungen in Grösse und Zahl der Ableitungsöffnungen sehr variirt. Das Richtige ist, dass sie rund um den Ofen vertheilt sind, und nur die genaue Grösse haben, welche dem verlangten Gasquantum entspricht. Werden die Gasöffnungen so gross angelegt, dass eine oder wenige derselben genügen, um das ganze Gasquantum abzuführen, so tritt dieselbe Erscheinung ein, als hätte man nur eine oder wenige Oeffnungen an einer Seite des Ofens, d. h. die Gase nehmen ihren Weg nur nach der Seite, wo sie den kürzesten Weg, also den geringsten Widerstand bis zur Gasleitung haben.

Siegener Gasfang. Da die Oeffnungen im Mauerwerk durch die herabgleitenden Erzmassen sehr der Zerstörung ausgesetzt sind, so hat man dieselben durch einen eisernen eingemauerten Ring zu schützen gesucht. Eine derartige Construction ist in Fig. 179 bis 181 abgebildet[1]).

Fig. 179 giebt die Ansicht des Ringes von unten, Fig. 180 den Durchschnitt desselben nach der Linie *AB* der vorhergehenden Figur, Fig. 181 (a. f. S.) die ganze Anordnung. Der gusseiserne Ring von 8 Zoll (0,209 Meter) Stärke und 4½ Zoll (0,118 Meter) Höhe ist mit 6 Füssen (*a*) versehen und in den Kernschacht eingemauert. Die Füsse oder Stollen

Fig. 179.



Eiserner Ring von unten.

Fig. 180.

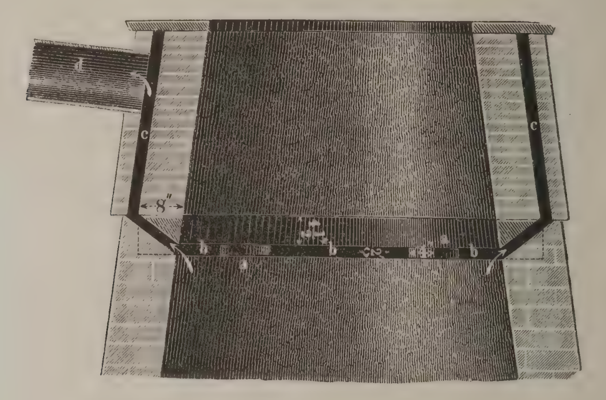


Durchschnitt nach *AB*.

[1]) Aus der schlesischen Wochenschrift 1861, S. 264.

haben 2 bis 3 Zoll (0,052 bis 0,078 Meter) Höhe, die Tiefe des Ringes, also 8 Zoll (0,209 Meter), eine Breite von circa 4 Zoll (0,105 Meter) und

Fig. 181.



Gasfang eines Siegener Hochofens.

lassen zwischen sich die schlitzförmigen Oeffnungen *b b* für die Gasentziehung. Die Gase gehen durch den ringförmigen Raum *c c* in das Hauptleitungsrohr *d*.

Pfort'scher Gasfang. Die Unmöglichkeit, während des Betriebes Oeffnungen im Mauerwerk repariren zu können, führte zu einer anderen Gattung von Gasfängen, welche darauf beruht, dass ein Cylinder von geringerem Durchmesser, als der Ofenschacht, in den oberen Theil des letzteren eingehängt wird, zwischen sich und den Ofenwandungen also einen ringförmigen Raum für das Entweichen der Gase lässt. Statt der einzelnen Oeffnungen der eben beschriebenen Apparate bildet sich nun ein zusammenhängender Schlitz, und während bei mehreren früher erwähnten Apparaten zum Sammeln der Gase ein ringförmiger Raum im Kernschacht selbst vorhanden war, ist auch hier ein solcher gebildet, derselbe aber von Innen durch den metallenen Cylinder statt durch Mauerwerk begrenzt.

Man nennt diese Apparate wohl häufig belgische Gasfänge, weil sie in Belgien sehr verbreitet sind. Sie sind jedoch in Deutschland, und zwar von Pfort erfunden, welcher den in den Figuren 182 und 183 abgebildeten Apparat bereits 1842 veröffentlichte [1]).

Fig. 182 ist ein Verticaldurchschnitt durch die Axe des Hochofens und Apparates zu Veckerhagen, Fig. 183 ein Querschnitt durch die Gasableitungscanäle.

[1]) Der Flammofenbetrieb mit brennbaren Gasen zu Veckerhagen. Von Hütteninspector C. Pfort. Studien des Göttingenschen Vereins bergmännischer Freunde. 5. p. 1. 1842.

Es sind hier zwei Cylinder von Gusseisen *a* und *b*, jeder 4,58 Fuss (1,438 Meter) hoch und 1 Zoll (0,024 Meter) stark, von denen der äussere 1 Fuss (0,287 Meter) mehr Durchmesser hat als der andere, in die Gicht eingehangene. Der innere Cylinder *b* bildet die Verlängerung vom tieferen Theile des Kernschachtes. Der $5^1/_2$ Zoll (0,143 Meter) weite ringförmige Raum *a*, durch welchen die Gase entweichen, ist nach Aussen durch den weiteren Cylinder begrenzt, welches als Auskleidung des Kernschachtes dient. Durch die Canäle *c*, *d* und *e*, welche mit Schiebern versehen sind, so dass man den Gasdurchfluss in jedem beliebig reguliren kann, gehen die Gase zu ihren Benutzungsorten.

Fig. 182.

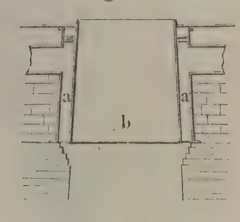
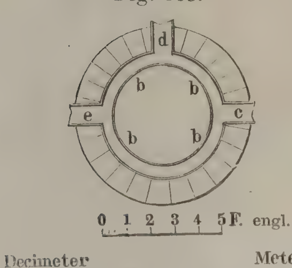


Fig. 183.



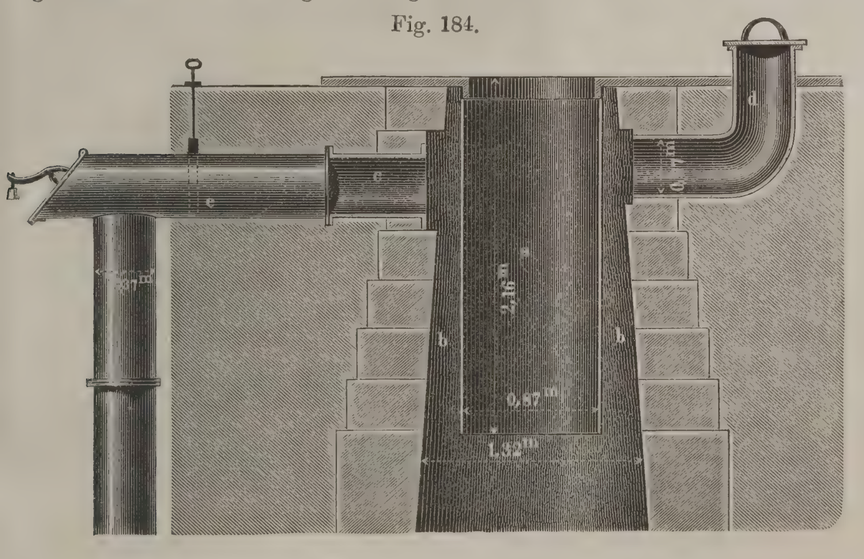
Veckerhagener Gasfang.

Das Gas, welches durch *c* entwich, wurde in Veckerhagen zur Erhitzung des Windes, das aus *d* zur Dampferzeugung für eine 6pferdige Maschine und aus *e* zur Verkohlung von Holz in Oefen benutzt.

Später liess man den äusseren Cylinder meist als überflüssig fort, construirte den inneren aus Blech und gab ihm bald eine verticale, bald eine conische Gestalt.

Ein verticaler Cylinder, wie er zu Vordernberg in Steyermark angewendet wird, ist in Fig. 184 abgebildet.

Fig. 184.

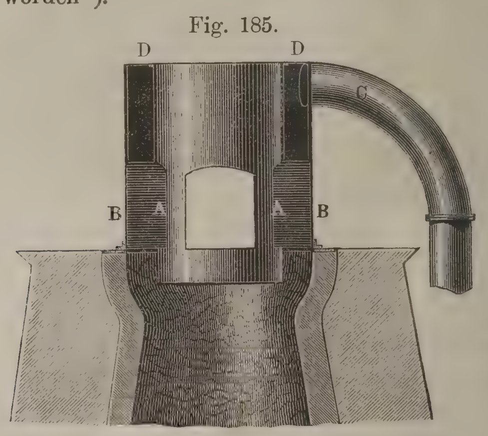


Gasfang zu Vordernberg.

Der Cylinder (*a*) ist hier von starkem Eisenblech und lässt zwischen seiner Aussenfläche und dem Kernschachte des Hochofens einen Raum *b* von circa 4 bis 9 Zoll (0,105 bis 0,237 Meter). Die nutzbaren Gase werden durch das Rohr *c* abgeführt; ein etwaiger Ueberschuss derselben aber wird durch das Rohr *d* abgeleitet und kann zur Nachtzeit zur Beleuchtung der Gicht angewendet werden [1]. *e* ist ein Schieber zur Regulirung des Gasquantums.

Um den nachtheiligen Einfluss eines tief in die Gicht ragenden Cylinders, welcher die Beschickung im gleichmässigen Niedergehen hindern kann, zu vermeiden und doch zugleich einen stabilen Gasfang zu erhalten, ist im Jahre 1862 vom Hüttendirector Winzer zu Georg-Marien-Hütte der ganz aus Eisenblech bestehende, in Fig. 185 dargestellte Gasfang construirt worden [2].

Fig. 185.



Gichtgasfang zu Georg-Marien-Hütte.

Er besteht aus zwei concentrischen Cylindern *AA* und *BB*, von welchen der Cylinder *AA* etwas in den Ofen hineinreicht, sich nach oben verlängert und mittelst eines ringförmigen Deckels *DD* mit dem ebenso hohen Cylinder *BB* verbunden ist. Durch beide Cylinder, welche circa 15 Zoll (0,392 Meter) Spielraum zwischen sich lassen, sind die vier Aufgebeöffnungen *AB* ausgespart, deren Wandungen gasdicht mit den beiden Cylindern vernietet sind.

b. Entziehung der Gichtgase aus der Mitte des Hochofens.

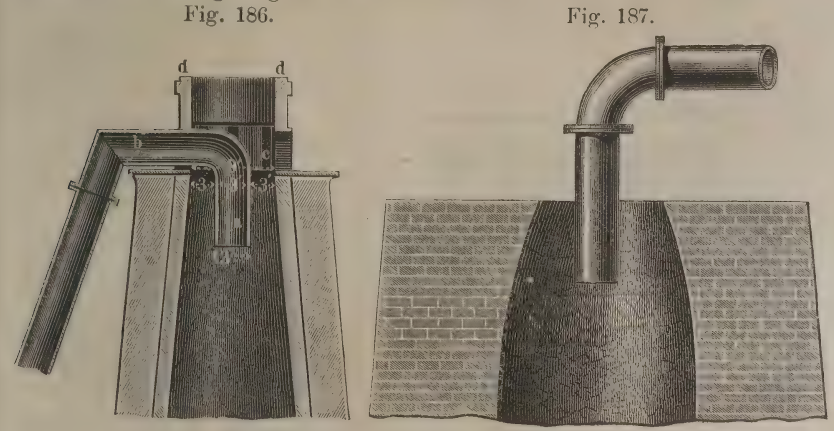
Darby'scher Gasfang. Um die Uebelstände einer Gasentziehung an den Wänden bei offener Gicht zu vermeiden, senkte man ein cylindrisches oder schwach conisches Rohr in die Mitte des Ofens ein.

---

[1] Kerl, Hüttenk. I, S. 301. — [2] Zeitschr. des Vereins deutscher Ingenieure 1863, S. 433 u. Blatt 5.

Das einfachste derartige Arrangement ist das von Darby [1]). Es ist in Fig. 186 abgebildet. Ein gusseisernes oder Blechrohr *a* ist in die Mitte des Ofenschachtes eingehängt und mit einem horizontalen, auf dem Gichtplateau aufliegenden Rohrtheil *b* derart fest verbunden, dass es durch denselben getragen wird.

Fig. 186. Fig. 187.

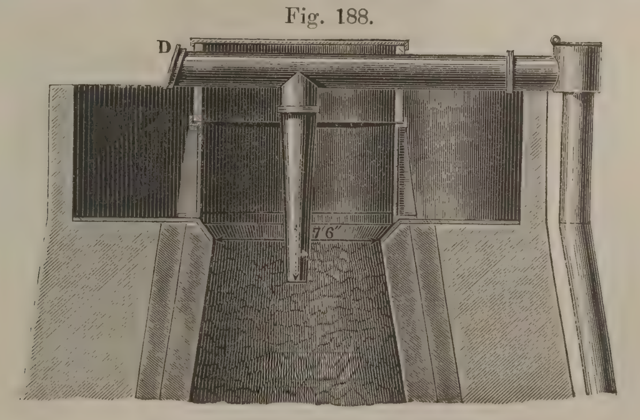


Darby'sche Gasfänge.

Der Gichtmantel *dd* (*Tunnel-head*), welcher die das Material aufgebenden Arbeiter vor den noch frei entweichenden und brennenden Gichtgasen schützt, ist von Aufgebeöffnungen *c* durchbrochen. Wegen einer besseren Zugänglichkeit der Gicht behufs der Beschickung wird das Ableitungsrohr zuweilen auch höher gelegt, wie Fig. 187 zeigt.

Vielleicht gleichzeitig mit Darby (1858) richtete der Hüttendirector Schäffler zu Neustadt am Rübenberge bei Hannover einen Gasfang ein, welcher in Fig. 188 abgebildet ist und sich von dem Darby'schen nur

Fig. 188.



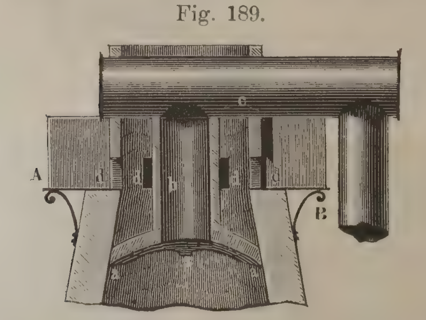
Gichtgasfang am Rübenberge bei Hannover.

[1]) Berg- u. hüttenm. Ztg. 1858, S. 263.

dadurch zu unterscheiden scheint, dass sich das Gasrohr nach unten etwas verengt. Es geht 4 Fuss (1,25 Meter) unter das Niveau der Beschickungsmasse, ist im Uebrigen aber jedenfalls im Verhältniss zur Gicht viel zu eng angelegt.

Gasfang mit gemauertem Rohr. Ein solcher durch ungleiches Beschicken hin und her gedrückter eiserner Cylinder wird schnell beschädigt und es ist daher auf dem Hüttenwerke zu Barrow bei Ulverstone eine gemauerte centrale Gasentziehung eingerichtet worden, welche durch ebenfalls gemauerte Gurtgewölbe gestützt wird. Fig. 189 zeigt diesen Apparat. Das gemauerte Rohr *b* steigt 5,83 Fuss (1,83 Meter) unter die Gicht des Hochofens *AB* herab und ruht auf sechs schmalen Gurtbögen *a a a*, welche zwischen dem Kernschacht und dem Rohre in gleichen Abständen gespannt sind. Das Rohr hat circa $^1/_3$ des Durchmessers der Gicht, nämlich 1,37 Meter. Es ist mit einem Blechcylinder ausgefüttert, weniger der Haltbarkeit, als vielmehr des leichteren Anschlusses an die horizontal, circa 4,85 Fuss (1,52 Meter) über der Gicht liegenden Gasleitung *c* wegen, welche gleichfalls aus Blech besteht. Das Rohr ist mit einem Regulirungsschieber versehen. Das Aufgeben geschieht durch die Oeffnung *d* im Gichtmantel. Es möge hierbei erwähnt werden, dass die Gase durch Ventilation abgesaugt werden und zwar wie man angiebt, weil an der den Seestürmen sehr ausgesetzten Stelle ein hinreichend hoher Schornstein nicht Stand halten würde [1]).

Fig. 189.



Gichtgasfang zu Ulverstone.

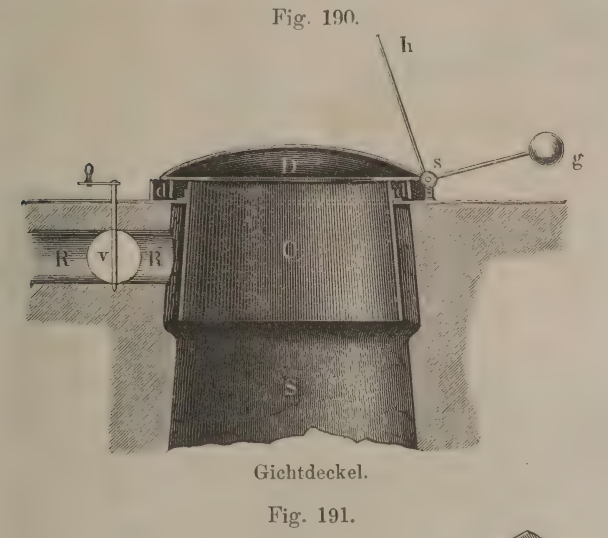
c. Gichtverschlüsse.

Gichtdeckel und Gichtglocken. Ein nicht zu verkennender Vortheil aller bisher geschilderten Apparate zur Entziehung der Gichtgase unterhalb der Beschickungsoberfläche liegt darin, dass das Aufgeben der Materialien in keiner Weise gehindert wird. Die offene Gicht führt aber andererseits zu einem Verluste an Gasen, gewöhnlich mindestens $^1/_5$ der Gesammtmenge, falls man nicht so starke Saugapparate anbringt, dass selbst die von den Gasentziehungsöffnungen entferntesten Gastheile gezwungen werden, ihren Weg in den Apparat statt zur Gicht zu nehmen. Man hat deshalb den zuerst genannten Vortheil zuweilen theilweise aufgegeben und die Gicht durch einen Deckel, Gichtdeckel (*top cover*) verschlossen.

[1]) Der Gasfang von Ulverstone war 1862 bereits längere Zeit in Betrieb und durch ein Modell auf der Industrieausstellung zu London vertreten.

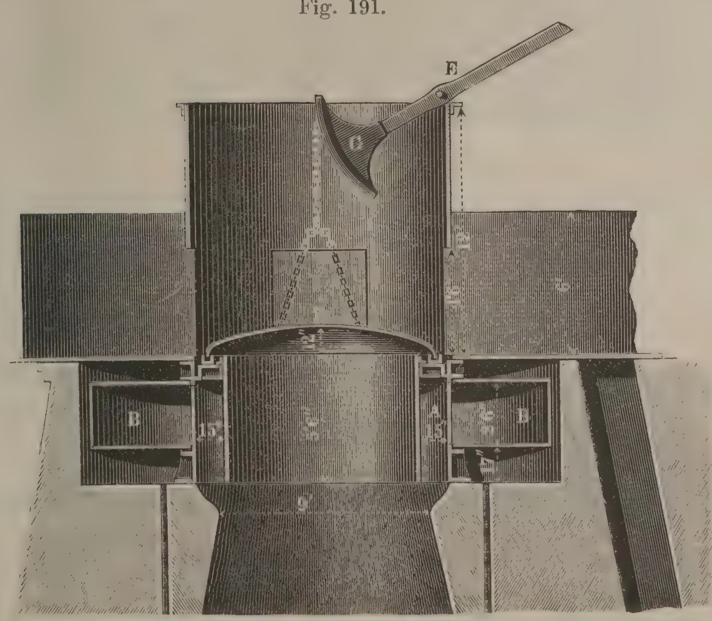
Der einfachste und älteste derartige Verschluss besteht in einem Deckel, dessen Rand in einen mit Asche gedichteten die Ofengicht umgebenden Ring eingreift und der sich an einer Seite um ein Charnier dreht, während er an der anderen Seite durch eine Kette oder vermittelst eines Hebels gehoben werden kann. Die Vorrichtung ist in Fig. 190 abgebildet. Der Gichtdeckel *D* ist im Charnier *s* drehbar und kann durch den Hand-

Fig. 190.



Gichtdeckel.

Fig. 191.



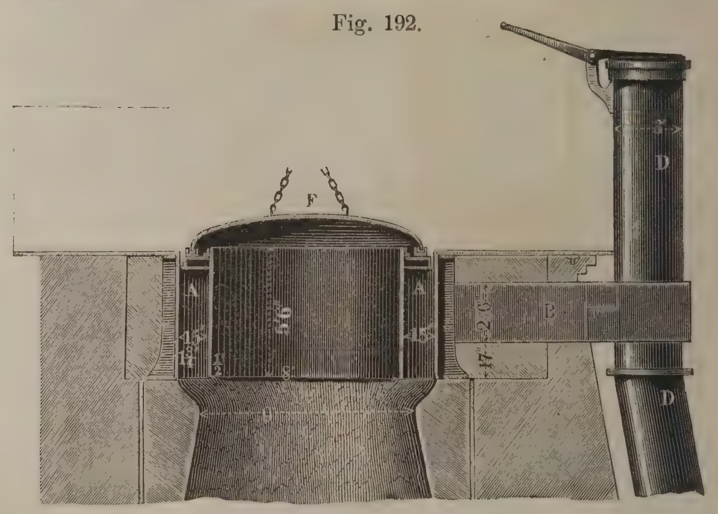
Gichtglocke zu Hörde.

griff h aufgeklappt werden. Diese Arbeit wird durch das Gegengewicht g erleichtert. Der Kranz d ist mit Wasser, Asche oder Sand gefüllt [1]).

Ein solcher Gichtdeckel hindert das Aufgeben von der Seite, an welcher sich das Charnier befindet, und man thut daher bei grossen Hochöfen besser, den Deckel (die Glocke) oberhalb seines Schwerpunktes zu fassen und ihn mit oder ohne Leitungen senkrecht zu heben. Eine derartige Einrichtung ist in Fig. 191 (S. 339) und Fig. 192 dargestellt, wo die Glocke F an Ketten aufgehängt ist und durch einen zweiarmigen Hebel bewegt wird.

Alle diese Gasfänge gehören zu der Gruppe I a. mit Entziehung an den Wänden des Hochofens.

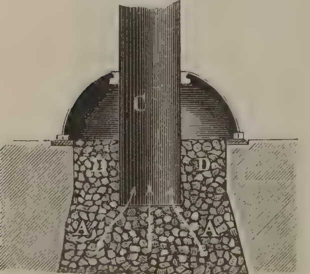
Fig. 192.



Gasfänge mit Glockenverschluss.

Ringverschluss. Um bei centraler Ableitung der Gase einen Verschluss herbeizuführen, hat Coingt zu Aubin in Frankreich (1856) ein ringförmiges Ventil construirt, welches in Fig. 193 (Seite 341) abgebildet ist [2]).

Fig. 194.



Ringförmiger Glockenverschluss.

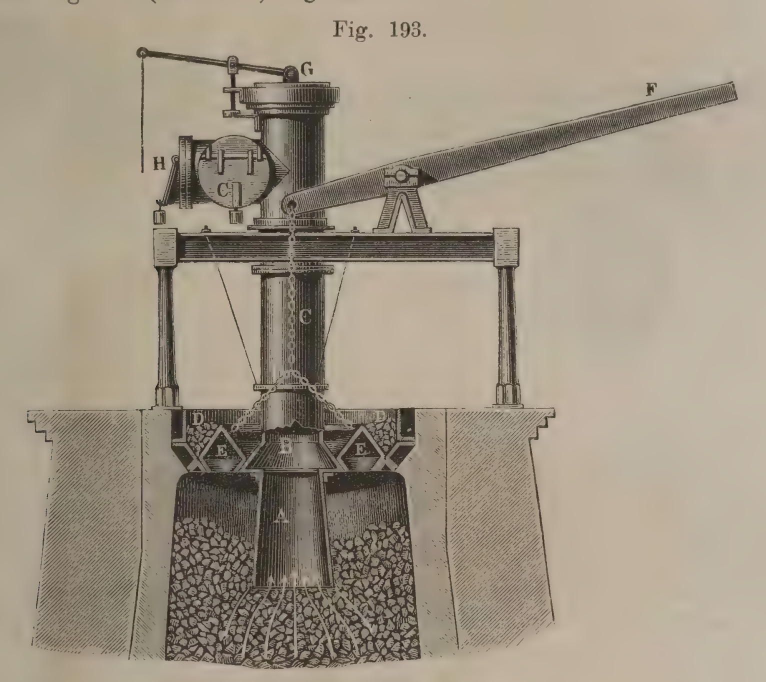
Der vom Gasabzugsrohr AB und dem Rumpf DD gebildete ringförmige Raum ist durch den dachförmigen Ring E geschlossen. Dieser Ring lässt sich zum Einlassen der Beschickung vermittelst der Kette C und des Hebels F heben.

---

[1]) Vergl. Scheerer, Metall. Bd. II, S. 174. — [2]) Zeitschr. d. Vereins d. Ing. loc. cit.

Verzichtet man auf die selbstthätige Beschickung, so kann derselbe Zweck durch eine einfache ringförmige Glocke erreicht werden, wie sie in Fig. 194 (Seite 340) abgebildet ist.

Fig. 193.



Ringförmiger Gichtverschluss am Gasfang zu Aubin.

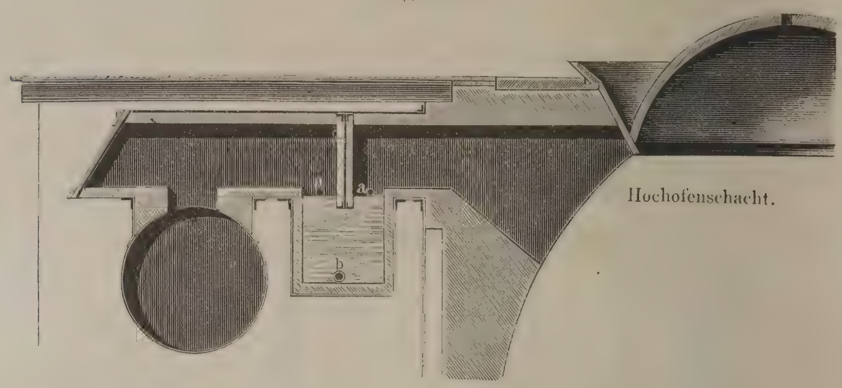
2. Apparate zur Entziehung der Gichtgase oberhalb der Beschickungssäule.

Wenn man einen der vorher mitgetheilten Gichtverschlüsse anwendet und die Gasentziehungsöffnungen nicht unter die Oberfläche der Beschickungssäule, sondern über dieselbe, also sehr nahe der Gicht anbringt, so hat man den einfachsten Apparat zur Entziehung der Gichtgase oberhalb der Beschickungssäule.

In dieser Weise scheinen auch die ältesten zu dieser Gruppe gehörigen Apparate construirt worden zu sein und man findet dergleichen noch neuerdings z. B. zu Cwm-Celyn in Süd-Wales und auf der Königshütte in Oberschlesien. In Fig. 195 (a. f. S.) ist eine solche Vorrichtung abgebildet. Man hatte bei diesen Constructionen anfänglich weit weniger die Pressungsverhältnisse, als die Absicht, die Gase möglichst vollständig aufzufangen, im Auge, bis der Hüttenmeister Parry in Ebbw-Vale diesen

Punkt gleichzeitig mit der Construction des nach ihm benannten Apparates in das richtige Licht stellte.

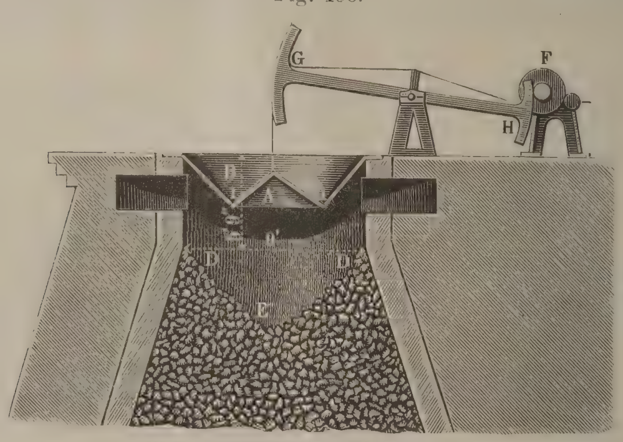
Fig. 195.



Gasfang zu Cwm-Celyn in Süd-Wales.

Parry'scher Trichter. Der Parry'sche Gichtgasentziehungsapparat, welcher in Süd-Wales, später auch in Deutschland sich sehr allgemeinen Eingang verschaffte, wird wegen seiner Zusammensetzung aus zwei kegelförmigen Stücken der Parry'sche Doppeltrichter oder Parry'sche Trichter (*Cup and cone*) genannt. Er ist in seiner Anwendung an einem Hochofen bereits in Fig. 24 auf S. 25 mitgetheilt und in Fig. 196 in grösserem Maassstabe abgebildet.

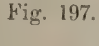
Fig. 196.

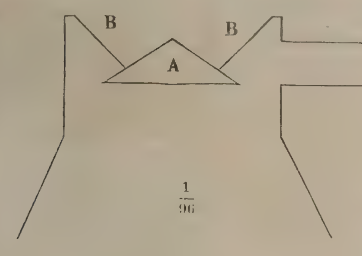


Gasfang zu Ebbw-Vale.

Ein abgestumpfter, mit der Spitze nach Unten gekehrter, hohler gusseiserner Kegel *B* ist in die Gicht des Hochofens so eingesenkt, dass

sein weiterer Rand im Niveau des Gichtplateaus liegt. In denselben ist an einer Kette ein zweiter gusseiserner, nicht abgestumpfter, aber gleichfalls hohler Kegel *A* mit der Spitze nach Oben gekehrt eingehängt. Die für eine zweckmässige Beschickung von Parry für die besten gehaltenen Verhältnisse und Neigungswinkel sind in Fig. 197 in $^1/_{96}$ natürlicher Grösse angegeben [1]). Die Basis des inneren Kegels beträgt hier etwa $^2/_3$ der Gichtweite und $^4/_3$ der kleinen Oeffnung des abgestumpften Kegels.


Fig. 197.

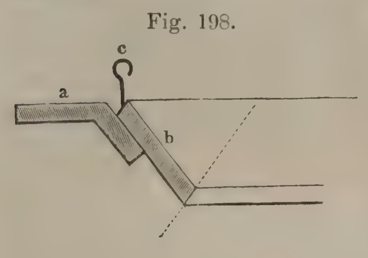


Der innere aufrechte Kegel ist mit seiner Spitze an einer Kette befestigt. Diese hängt ihrerseits an dem einen Ende des doppelarmigen Hebels *GH*. Der Hebel hat seinen Stützpunkt an zwei auf dem Gichtplateau aufgestellten Lagerböcken und trägt am anderen Ende ein gezahntes Segment *H*, welches in ein durch die Hand mit oder ohne Uebersetzung bewegtes Getriebe *F* eingreift. Die Gase dringen durch die Beschickung, sammeln sich über derselben, ziehen in einen ringförmigen Raum und von dort in die Gasleitung. Die Beschickung wird auf den ringförmigen Raum *l l* vertheilt und gelangt in den Ofen, sobald der innere Kegel gesenkt wird. Dadurch bildet sich ein Schlitz zwischen den beiden Kegeln, durch welchen nun allerdings während des Beschickens ein geringer Antheil der Gase entweichen kann.

George Parry hat diesen Apparat zuerst im März 1850 zu Ebbw-Vale angewendet und nahm die Idee aus einem von Jessop zu Butterley- und Codnor-Park-Eisenhütte in Derbyshire nur zur Beschickung der dortigen Hochofen ganz ähnlich construirten Apparate [2]), welcher übrigens schon um 1800 zu Cyfartha in South-Wales zur Begichtung angewendet worden sein soll.

Da es bei dem Parry'schen Gasfange zuweilen vorkommt, dass die Kette reisst und dann der innere Conus nicht leicht aus dem Ofen entfernt werden kann, so ist man allgemein von dem früheren Arrangement abgegangen, nach welchem der äussere Kegel an seiner Basis mit einem angegossenen auf dem Gichtplateau aufliegenden Rande versehen war, und construirt diesen Kegel nun statt aus einem aus zwei Theilen, wie Fig. 198 zeigt.

Fig. 198.



In den mit einer Flantsche versehenen Ring *a* wird der abgestumpfte

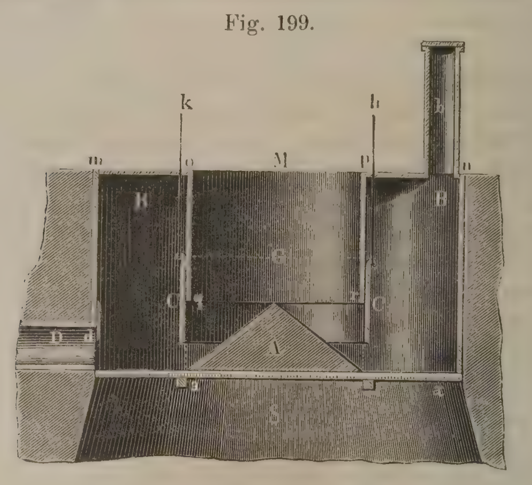
[1]) Proceedings of the South-Wales Institute of Engineers. Jan. 1858. T. VI. — [2]) Supplement to Ure's dictionary of Arts, Manufactures etc. 1844. p. 217.

Kegel *b* eingeschliffen, so dass er, ohne das Gichtplateau verletzen zu müssen, mit dem inneren Kegel gemeinschaftlich, oder für sich an einigen eingegossenen oder eingeschraubten Haken *c* herausgehoben werden kann.

Mannigfache in der Praxis vorkommende Abänderungen dieses Apparates haben ihren Grund nicht in der Absicht, die Art der Gasentziehung, sondern nur die Art der Beschickung zu ändern, weshalb wir auf diese Vorrichtung in den folgenden Abschnitten noch einmal zurückkommen müssen.

Telescopenapparat. Ein ähnlicher Apparat, bei welchem aber der innere Theil festliegt und der äussere, der hier cylinderförmig ist, gehoben wird, wenn beschickt werden soll, ist zu Blaïna und Cwm-Celyn, beides Eisenhütten in Süd-Wales, angewendet und in Fig. 199 abgebildet.

Fig. 199.



Telescopenapparat zu Blaina.

In die Gicht ist ein kurzer schmiedeeiserner Cylinder *opqr* eingehängt. Der ringförmige Raum zwischen ihm und dem Kernschacht ist nach oben durch die Platte *mopn* ganz geschlossen. Die cylinderförmige Hülse *CC* lässt sich auf dem Cylinder *opqr* vermittelst der Drähte *h* und *k* auf- und abschieben, so dass man den zwischen dem Cylinder *opqr* und dem festliegenden Conus *A* bleibenden Raum beliebig verschliessen oder öffnen kann. Der Conus *A* ruht auf eisernen Balken *a a*. Die nutzbaren Gase gehen durch das Rohr *D* fort, die überschüssigen entweichen durch das Rohr *b*.

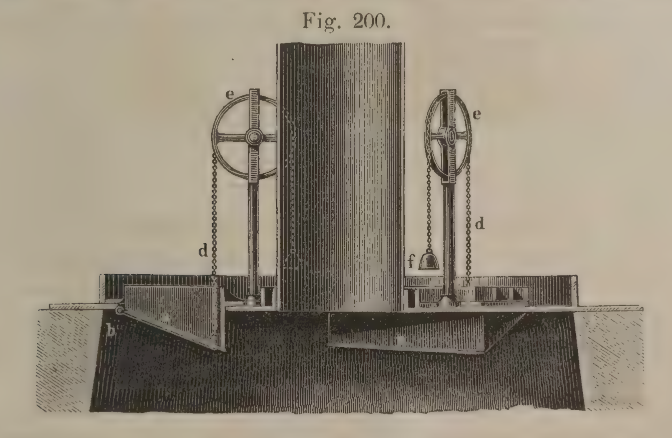
Da der Apparat complicirter als der vorige ist, da ferner die eisernen Tragbalken häufigem Verbrennen ausgesetzt sind, so hat er sich keinen weiteren Eingang zu verschaffen gewusst.

Glockenapparate. Alle zu der Kategorie der Parry'schen Doppeltrichter gehörigen Apparate haben den grossen Nachtheil, dass sie die Beschickung im Ofen vollständig dem Auge entziehen, dass sie daher auch keine mechanische Arbeiten zur Ausbreitung und Vertheilung der Materialien gestatten. Diesen Uebelstand vermeidet die folgende Gruppe von Apparaten. Dieselben werden nach dem Erfinder derjenigen Construction, welche sich am besten bewährt hat, mit dem allgemeinen Namen Langen'sche Glocken oder kurz Glockenapparate bezeichnet.

Auch bei ihnen wird das Gas erst oberhalb der Beschickungssäule abgeführt, aber die Gicht kann ganz geöffnet werden. Um indessen auch bei geöffneter Gicht den Gasstrom wenig oder gar nicht zu unterbrechen, oder denselben doch für den Arbeiter weniger belästigend zu machen, befindet sich das Abzugsrohr nicht seitlich am Ofen, sondern vertical über der Gicht.

Oakes' Gasfang. Die diesen Apparaten zu Grunde liegende Idee ist freilich schon älter als die Ausführung von Langen, welchem seine Einrichtung 1861 patentirt wurde, denn William Oakes nahm bereits 1857 [1]) ein Patent auf einen Gasentziehungsapparat, bei welchem ein Cylinder einerseits bis zum Niveau der Gicht reichte, und andererseits in eine über der Gicht liegende horizontale Gasleitungsröhre mündete, während der übrig bleibende Raum der Gicht durch nahezu horizontale Beschickungsthüren verschlossen war. Dieser Apparat ist in Fig. 200 dargestellt. Die um die Charniere *b* drehbaren Klappen *a* lassen sich ver-

Fig. 200.



Oakes' Gasfang.

mittelst der Ketten *d*, welche über die Rollen *e* gehen und mit Gegengewichten *f* versehen sind, öffnen und schliessen.

---

[1]) Improvements in the Manufacture of Iron. A. D. 1857. Nr. 493.

Hörder Gasfang. Ein diesem Apparate sehr ähnlicher Gasfang wurde von Hoff zu Hörde [1]) construirt, kam dort 1861 zur Anwendung und ist in seiner ersten Form in Fig. 201 abgebildet. Das Hauptgasrohr *ABC*

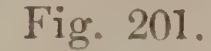
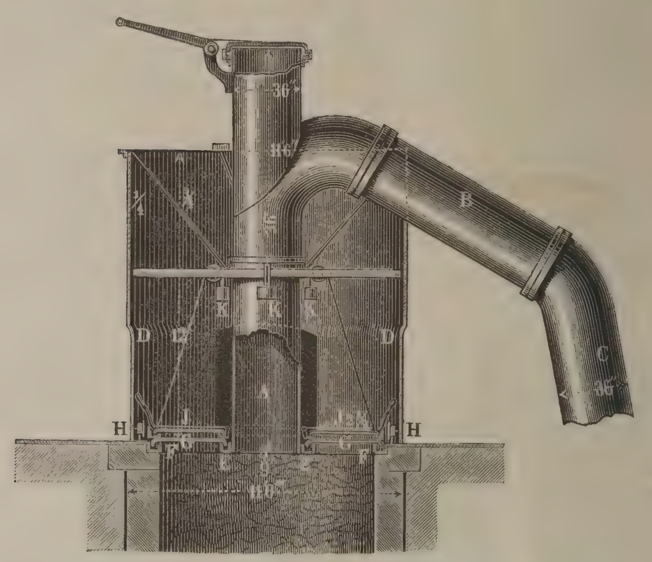


Fig. 201.



Gasfang vom Hochofen Nro. 1 auf Hörder Eisenwerk.

ist in dem aus Eisenblech hergestellten Gichtmantel *DD* so aufgehängt, dass sein unteres Ende *A* genau über dem Centrum der 9 Fuss weiten Gichtöffnung liegt. An die untere Oeffnung dieses Rohres ist ein ringförmiger Wasserkasten *EE* angenietet. Concentrisch mit demselben liegt am Rande der Gichtöffnung ein zweiter Wasserkasten *FF*. In beide Kästen reichen die abwärts gebogenen Ränder des Deckels *GG*, welcher ausserhalb bei *HH* acht Rollen trägt, auf denen er sich wie eine Drehscheibe bewegen lässt. Er besitzt vier Klappen *JJ*, deren Dichtung ebenfalls durch Wasserverschlüsse bewirkt wird. Durch die Drehung des Deckels sollte das Aufgeben an verschiedenen Stellen des Ofens bewirkt werden. Es zeigte sich indessen bald, dass dies unnöthig sei, und man liess daher später die Drehung ganz fort, wodurch der Apparat sehr vereinfacht wurde.

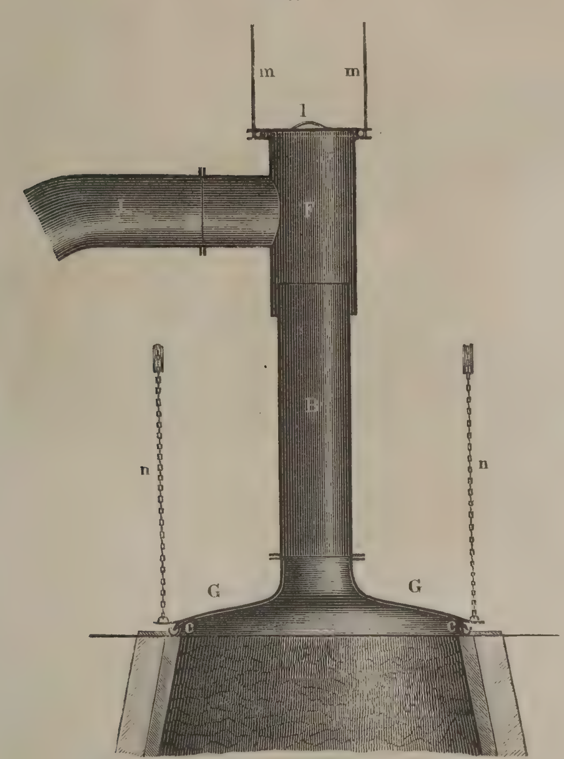
Gichthut. Sodann erdachte Turley 1860 den in Fig. 202 (S. 347) abgebildeten Gasfang mit centraler Gasentziehung oberhalb der Beschickung, welchen derselbe Gichthut nannte [2]). Der Deckel *G* schliesst

---

[1]) Angeblich drei Jahre vor der Abfassung des öfters citirten Artikels in der Zeitschr. d. Vereins d. Ing. (1863. S. 433), also 1859. — [2]) Berg- u. Hüttenm. Zeit. 1860. S. 158.

die Gicht und ist in einer Rinne c mit Asche gedichtet. In der Mitte ist er nach oben in ein Rohr verlängert, welches sich in dem feststehenden gusseisernen Stutzen F fernrohrartig schieben kann. Die Oeffnung l


Fig. 202.



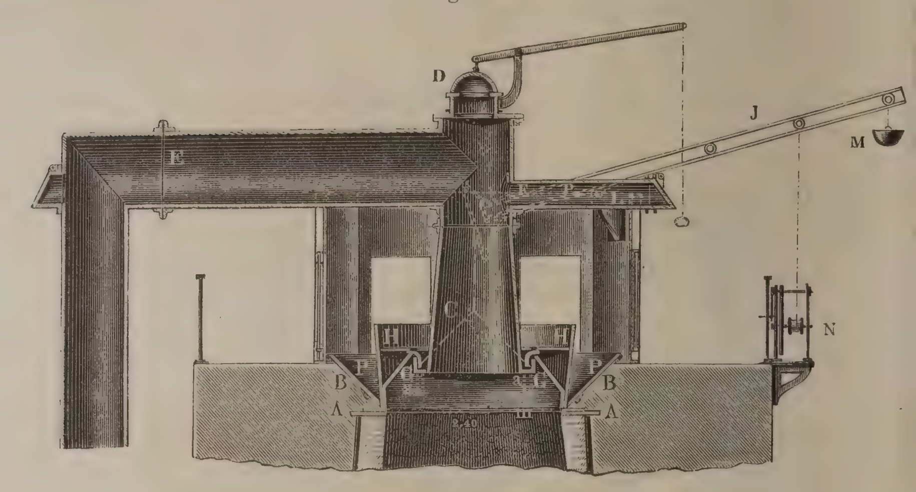
Turley's Gichthut.

ist vermittelst eines Deckels oder Ventils verschlossen, welches durch die Leitstangen m, die zugleich den Stutzen F tragen, geführt wird. Vermittelst der Ketten nn wird beim Beschicken des Hochofens der Hut G gehoben und das Rohr B verschliesst dann gleichzeitig den Ausgang der Gase in die Leitung J, während die Gase selbst durch das emporgestossene Ventil l ins Freie entweichen.

Langen'scher Gasfang. Diese drei beschriebenen älteren Apparate unterscheiden sich wesentlich von dem Langen'schen dadurch, dass sie mit der Gasentziehung nicht gleichzeitig eine selbstthätige Beschickung des Ofens verbinden, sind deshalb unvollkommener und haben keine grosse Verbreitung gefunden, während der Langen'sche Gasfang sehr häufig benutzt wird. Dieser Gasfang ist in der Form, in welcher er zu Hochdahl

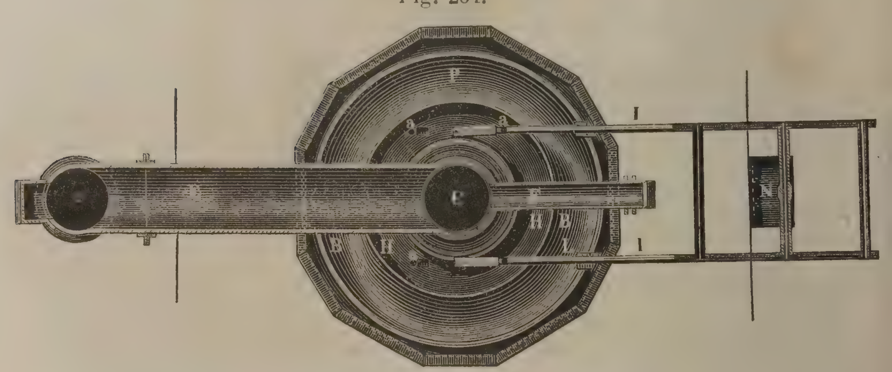
angewendet wird, in Fig. 203 und 204 abgebildet [1]). *A* ist eine gusseiserne Platte mit aufgenietetem Trichter *B*, dessen unterer Theil aus Gusseisen,

Fig. 203.



Aufriss.
Langen'scher Gasfang zu Hochdahl.

Fig. 204.



Grundriss.
Langen'scher Gasfang zu Hochdahl.

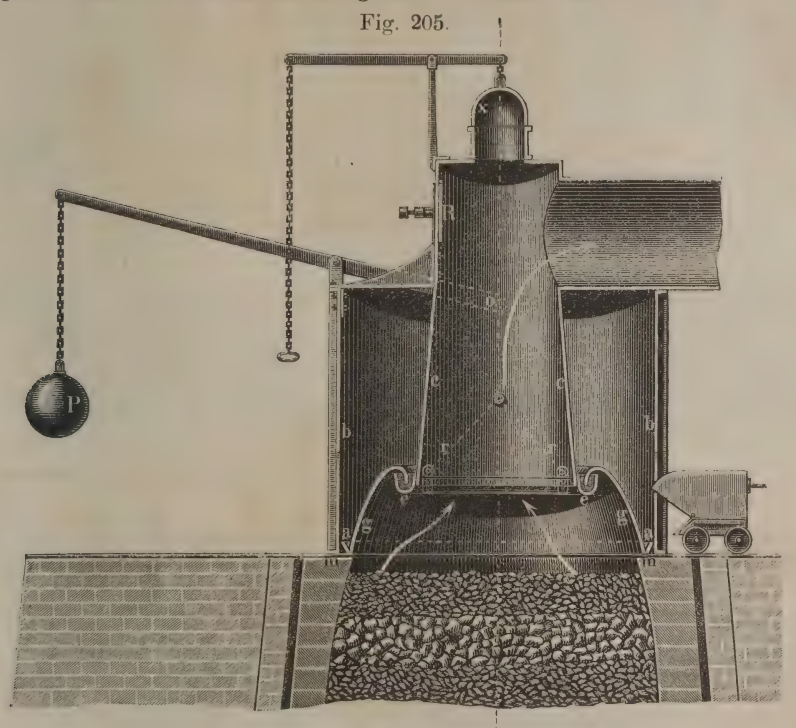
dessen oberer Theil aus Blech besteht. *C* ist das Gasaufsaugerohr mit Sicherheitsventil *D* und Ableitungsrohr *E*. Das Rohr *F* dient gleichzeitig als Stütze und Sicherheitsrohr. *G* ist eine gusseiserne Glocke, die mit ihrem oberen Rande in den Wasserverschluss an der Röhre *C* eindringt und vermittelst Getriebes *N* durch den doppelarmigen Hebel *J*,

[1]) Op. cit. 1865. S. 396.

der mit Gegengewicht *M* beschwert und an dem die Glocke mit vier Ketten durch die Bolzen *a* befestigt ist, gehoben werden kann. *L* sind die Lager für die Axe des Hebels, *H* ist die an die Glocke angenietete Blechgarnitur, die den Aufgeberaum *P* nach Innen zu begränzt. Das Chargiren vermittelst dieses Apparates dauert zu Hochdahl 20 Secunden. Der Preis eines Apparates für 2,4 bis 2,7 Meter weite Gichten stellte sich zu circa 660 bis 800 Thlr.

Der Langen'sche Gichtgasfang ist namentlich mit der Art der Beschickung, welche man wählen will, mannigfach verändert worden. Die Fig. 205 zeigt ihn in der Einrichtung, deren man sich bedient, wenn eine selbstthätige Beschickung vermieden werden soll, wodurch der Apparat zwar vereinfacht, keineswegs aber verbessert wird.

Fig. 205.



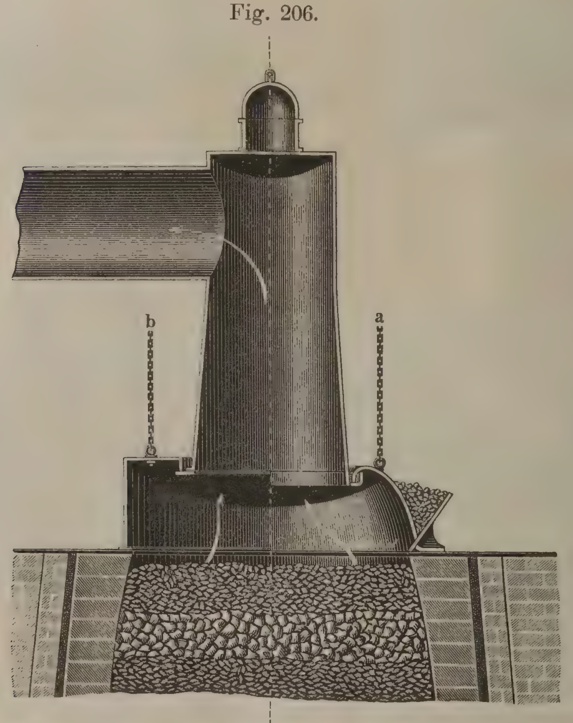
Langen'scher Gichtgasfang ohne selbstthätige Beschickung.

Auf dem Gichtplateau liegt ein die Gicht umschliessender schmaler gusseiserner conischer Ring *a*. An diesen schliesst sich der aus Eisenblech hergestellte Gichtmantel *b*, ihn umhüllend und nur mit den nöthigen Aufgebeöffnungen versehen. 2 bis 3 Fuss oberhalb der Gicht beginnt die Gasabzugsröhre *c c*, welche sich entweder nach oben etwas verengt, oder cylinderförmig aufwärts steigt und in die horizontale Gasleitung mündet. Sie besitzt eine Reinigungsthür *R* und ein als Sicherheits-

oder Abzugsventil für überschüssiges Gas dienendes Ventil *x*. An die untere Oeffnung dieses Rohres ist ein ringförmiger Wassercanal *e* angenietet. Der Zwischenraum *m* zwischen Conus und Gichtmantel und etwaige Lücken zwischen den einzelnen Eisentheilen werden durch Thon etc. gefüllt und gedichtet. *gg* ist die Glocke, welche den Abschluss der Gicht bewirkt und im Gegensatz zu allen anderen Theilen des Apparates beweglich ist. Diese Glocke kann beim Aufgeben vermittelst der Ketten *rr* und des Hebels *o*, welcher sein Auflager auf dem Gichtmantel findet, so weit als erforderlich gehoben werden und ist durch ein Gegengewicht *P* abbalancirt, so dass ein Mann die Arbeit mit Leichtigkeit verrichten kann. Die Glocke greift in der Ruhe mit ihrem oberen umgebogenen Rande in den Wasserkasten des Gasrohres und sitzt mit ihrem unteren Rande stumpf auf den Conus *a* auf.

Soll die Beschickung selbstthätig, aber nur an einzelnen Stellen des Ofens erfolgen, so wählt man die Einrichtung, welche in Fig. 206 dargestellt ist.

Fig. 206.



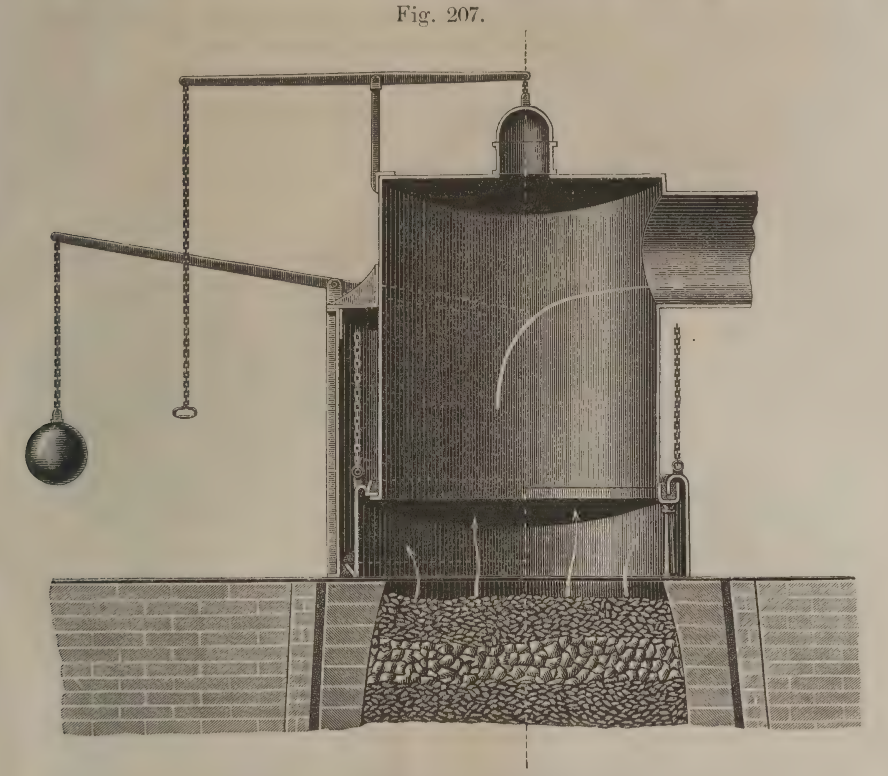
Laugen'scher Gasfang für locale Beschickung.

Fig. 207 zeigt eine Combination des Gichtmantels mit dem Gasrohr, wobei das Gasrohr die Weite der ganzen Gicht erhält [1]).

[1]) Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 1862, Taf. XVI u. S. 463.

Im Allgemeinen wendet man namentlich in Deutschland fast nur die zuerst in Fig. 203 und 204 (S. 348) angegebene Modification an, d. h. man

Fig. 207.



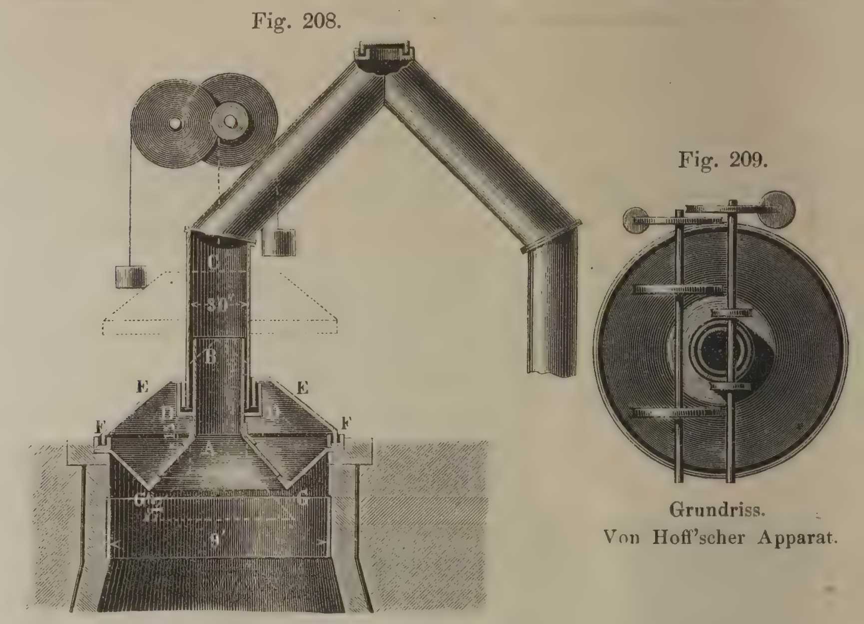
Langen'scher Gasfang mit weitem Gasrohr.

macht den Conus so gross, dass die gesammte Beschickung aufgegeben werden kann, ehe die Glocke geöffnet zu werden braucht. Dies hat den doppelten Vortheil eines gleichmässigen Aufgebens und eines seltenen Oeffnens, folglich auch seltener Unterbrechung der Gasableitung. Schliesslich hat diese Einrichtung auch noch den Vortheil, dass ein vollständig dichter Abschluss der Glocke gegen den Conus leicht durch Aufschütten von etwas feinem Erzstaub oder Gichtsand erhalten werden kann, welcher wegen des Werfens der Glocke in der Hitze sonst selbst bei sorgfältigem Abdrehen des unteren Randes derselben nicht ohne Schwierigkeit erzielt wird. Statt am unteren Rande des Gasrohrs einen Wasserkasten anzunieten, pflegt man oft einfach diesen Rand umzubiegen, ihn auch nicht mit Wasser, welches schnell verdampft und leicht verunreinigt wird, sondern mit trockner Asche zu füllen, welche einen sehr guten Abschluss giebt.

Die Glocke versieht man nicht selten mit Rippen, welche eine Leitung gegen den Gichtmantel bilden und ein Kippen oder unregelmässiges Aufsetzen auf den Conus verhindern.

Von Hoff'scher Gasfang. Es sind auch Combinationen des Trichter- und Glockenapparates versucht worden; namentlich hat von Hoff[1]) zu Hörde einen solchen construirt, welcher in Fig. 208 und Fig. 209 dargestellt ist. Der Conus *A* endet nicht, wie bei dem Parry'schen

Fig. 208. Fig. 209.



Grundriss.
Von Hoff'scher Apparat.

Aufriss.
Von Hoff'scher Apparat.

Trichter, in eine Spitze, sondern in das 30 Zoll (0,785 Meter) weite Gasleitungsrohr *B*, welches teleskopenartig in dem Rohre *C* verschoben werden kann. Der Wasserverschluss *D* erhält auch beim Sinken des Conus *A* den gasdichten Abschluss; um indessen dem Gase in diesem Falle nicht durch die Eintrittsöffnung der Beschickung den Austritt zu gestatten, ist die Glocke *FE*, deren unterer Rand in einen Wasser- oder Ascheverschluss eingreift, wie beim Langen'schen Apparate angeordnet. Die Beschickung gelangt, nachdem die Glocke *EF* gehoben, in den Raum *EFGA*, bleibt darin, bis die Glocke wieder geschlossen worden, und fällt sodann beim Sinken des Conus *A* in den Hochofen.

Schieberapparat (*Hopper with double slides*). Auf dasselbe Princip des doppelten Verschlusses gegründet, fand sich auf der Zollvereins-

[1]) Dem leider zu früh verstorbenen Verfasser eines sehr lesenswerthen Artikels über Gichtgasentziehungs-Apparate in der Zeitschr. d. deutsch. Ingen. 1863. S. 437.

Ausstellung zu London 1851 ein für einen Holzkohlenhochofen bestimmter Apparat. Derselbe bestand aus einem Eisenkasten von quadratischem Querschnitt, der nach oben mit einem sich stark erweiternden pyramidalen Ansatze und zwei Schiebern versehen war. Der eine Schieber war an der unteren Basis des pyramidalen Theils, der andere etwas tiefer angeordnet. Bei der Beschickung wurde das Material in den pyramidalen Theil gefüllt, nach Oeffnung des oberen Schiebers in den Zwischenraum zwischen diesem und dem unteren Schieber gelassen und endlich nach Schluss des oberen Schiebers und Oeffnen des unteren in den Hochofen befördert.

Fortleitung, Reinigung und Verbrennung der Gase.

Die Gase des Hochofens, namentlich diejenigen, welche aus höheren Theilen entnommen werden, gewinnen wesentlich an Heizkraft, wenn man sie sowohl der mechanisch mitgerissenen, als der unverbrennlichen und zugleich leicht condensirbaren Bestandtheile vorerst beraubt.

Wendet man rohe Brennmaterialien (Steinkohlen oder Holz) an, so verliert man durch die Condensation allerdings auch an nützlichem Brennstoff, nämlich an theerbildenden Kohlenwasserstoffen. Nichts desto weniger wird auch dieser Nachtheil meist durch den Vortheil, welchen die Entfernung anderer Bestandtheile mit sich bringt, um so mehr aufgewogen, als die höher gekohlten Kohlenwasserstoffe geneigt sind, schon bei geringen Temperaturschwankungen schwer verbrennlichen Kohlenstoff in Form von Russ abzusetzen.

Zu den Bestandtheilen, welche man möglichst vollständig zu entfernen trachtet, gehören namentlich drei, erstens der Gichtstaub, d. h. mechanisch mitgerissene Theilchen der Erze und Brennmaterialien, zweitens das Zinkoxyd, welches in Folge der Oxydation durch Kohlensäure aus dem in tieferen Theilen des Hochofens (aus den Beimengungen der Erze) reducirten Zinke entsteht, drittens die Wasserdämpfe.

Gichtstaub. Je grösser die Geschwindigkeit des aus dem Ofen strömenden Gasstromes ist, um so mehr feine Partikelchen von Erz, Zuschlag und Brennmaterial, welche theils als solche in den Ofen gelangt durch Trocknung in den oberen Theilen zu Pulver umgewandelt werden, theils durch die Reibung der Massen gegen einander in allen Theilen des Ofens entstehen, werden von demselben mitgerissen. Bei offenen Gichten lagern sich diese Partikelchen meist in der Nähe der Ofenmündung auf dem Gichtplateau ab und sie werden deshalb Gichtstaub, auch Gichtrauch oder Gichtsand genannt. Bei geschlossenen Gichten sondern sie sich besonders in den horizontalen Theilen der Gasröhrenleitung ab.

Dieser Gichtstaub ist naturgemäss bei den einzelnen Hochöfen sehr verschieden zusammengesetzt und hängt namentlich von der Beschaffenheit der Erze ab. Er enthält gewöhnlich sehr viel Eisenoxyd, nächst-

dem Kieselsäure und Thonerde, und geringere Mengen der anderen Erden und der Alkalien. Man hat ihn wegen seines hohen Eisengehaltes öfter mit Erfolg in Kalkmilch eingebunden in den Hochofen zurückgegeben.

E. Riley analysirte den Gichtstaub aus einem Abzugscanal der Gase an der Gicht von einem der Hochöfen zur Dowlais-Eisenhütte, der sich dort zwei Jahre lang abgelagert hatte, ohne entfernt zu werden. Er fand:

Kieselsäure	30,33
Eisenoxyd	47,05
Manganoxyd	1,77
Thonerde	8,43
Kalkerde	2,30
Schwefelsauren Kalk	4,42
Phosphorsauren Kalk	0,75
Magnesia	1,13
Kali	1,80
Natron	0,36
Hygroskopisches Wasser	0,93
Kupfer und Antimon	Spuren
	99,27

Es ist auffällig, dass darin keine kohlenstoffhaltigen Substanzen nachgewiesen wurden, welche doch wenigstens in Folge der Decrepitation der Steinkohle leicht hineingekommen sein könnten, zumal dieselbe dort im rohen Zustande angewendet wird.

Ebermayer analysirte einen Gichtrauch, welchen er beim Ausblasen des mit Holzkohle betriebenen Ofens zu Heinrichshütte bei Lobenstein als Sublimat an einem über die Gicht gelegten Bleche aufgefangen hatte [1]). Die Substanz war von gelblich weisser Farbe, sehr leicht, wurde beim Glühen braun und nahm beträchtlich an Volumen ab. Der Gewichtsverlust betrug 2,5 Proc. Sie löste sich in Salzsäure mit rothbrauner Farbe, wobei Kieselsäure gelatinirte.

Die Analyse Nr. 1 (a. f. S.) zeigt die Zusammensetzung dieses Gichtrauches. Da das Glühen nur ein schwaches war, so hatten nach Ebermayer Kalkerde, Magnesia, Natron und Kali ihre Kohlensäure behalten. Die zur Bildung kohlensaurer Salze mit diesen Stoffen erforderliche Kohlensäure würde

4,82 Proc. für den Kalk,
7,09 Proc. für Magnesia und Alkalien,
im Ganzen 11,91 Proc.

betragen und ist den direct gefundenen 88,58 Proc. betragenden Stoffen daher zuzuaddiren.

Bei fast gleicher Beschickung wurden in demselben Hochofen noch zwei andere Sublimate gesammelt, die schmutziggelb waren und bei längerem Liegen auf Papier braun und feucht wurden. Ihre Analyse ist als Nr. 2 und 3 der nachfolgenden Tabelle mitgetheilt.

[1]) Berg- und hüttenm. Zeitg. 1858, S. 394.

Gichtstaub-Analysen.	Heinrichshütte bei Lobenstein nach Ebermayer			Altenauer Hütte im Harz nach Bodemann	Steinrenner Hütte am Harz nach Bodemann	Cleveland nach J. Pattinson	Clarencehütte nach Bell
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Kieselsäure	21,33	2,9	5,36	26,6	57,27	22,60	34,82
Thonerde	2,46	17,0	1,7	—	1,74	8,20	16,00
Eisenoxyd	10,14	7,5	11,6	48,7[1])	12,54	14,22	8,20
Manganoxyd	8,23	—	3,4	—	Spur	—	—
Zinnoxyd	0.02	—	—	—	—	—	—
Bleioxyd	1,33	0,12	0,85	10,5	1,27	—	—
Zinkoxyd	22,93	13,16	11,8	14,2	1,0C	10,48	4,60
Schwefelzink	—	—	—	—	—	13,70	—
Kupferoxyd	—	—	0,36	—	—	—	—
Antimonige Säure	—	—	1,12	—	—	—	—
Silberoxyd	—	—	Spur	—	—	—	—
Kalkerde	6,14	0,31	1,96	—	17,73	12,3	12,15
Magnesia	0,4	0,34	0,30	—	0,79	5,03	0,57
Natron	2,2	30,10 (Natron + Kali)	27,60	—	—	—	6,85
Kali	10,9						0,40
Chlorkalium	—	—	—	—	8,22	—	—
Chlornatrium	—	—	—	—	—	4,70	—
Ammoniak	—	—	—	—	—	0,70	—
Thallium	—	—	—	—	—	Spur	—
Chlorwasserstoffs.	—	—	—	—	—	—	5,60
Schwefelsäure	—	—	—	—	—	3,15	1,56
Schwefel	—	—	—	—	—	0,17	8,80
Kohlige Stoffe	—	—	—	—	—	4,50	—
Glühverlust	2,5	—	24,32	—	—	—	—

Die Analysen des Gichtstaubes zweier Harzer Holzkohlenhochöfen ergaben nach Bodemann die unter Nr. 4 und 5 angeführten Resultate, bei welchen das Fehlen von Kohlensäure sehr auffällig ist [2]). Nr. 6 ist eine Analyse von Gichtstaub, erzeugt beim Verschmelzen von Cleveland-Eisensteinen [3]), welcher sich reichlich aus den zur Heizung eines Dampfkessels benutzten Gichtgasen absetzte, nach J. Pattinson [4]). Nr. 7 ist

[1]) Einschliesslich der Erden. — [2]) Kerl, Hüttenk. Bd. I, S. 807. — [3]) Eisenh. Abthl. I, S. 305. u. 321. — [4]) Berg- und hüttenm. Zeitg. 1863, S. 439.

ein anderer Gichtstaub von Clarencehütte im Cleveland-District [1]). Die Probe ist kein Durchschnitt, sondern rührt nur von einer Stelle der Röhrenleitung. Das Chlorcalcium scheint sich nur langsam zu condensiren, denn man fand hier mit zunehmender Entfernung vom Hochofen einen steigenden, bei 130 Meter 14 Proc. betragenden Gehalt an Kalkerde.

Der Gehalt an Eisenoxyd variirt zwar, sinkt indessen selten unter 10 Proc. herab. Es möge zur Ergänzung noch angeführt werden, dass nach Kerpely [2]) im Gichtstaube von Reschitza im Banat 40,31 Proc., in dem von Lölling in Kärnthen [3]) 29½ Proc. Eisenoxyd enthalten sind. Der Gehalt an Kieselsäure ist in dem Gichtstaube relativ oft grösser als in den angewandten Schmelzmaterialien, was theilweise zwar daraus zu erklären ist, dass in den Erzen vorhandener Quarz beim Erhitzen besonders dem Zerspringen ausgesetzt ist, theilweise aber auch einen ähnlichen Grund haben kann, wie die Bildung des sogenannten Eisenamianths, von welchem später die Rede sein wird. In dem letzteren Falle, welcher sich zuweilen durch die Löslichkeit der Kieselsäure in Kalilauge im Gegensatz zu der als Quarz vorhandenen nicht löslichen Kieselsäure feststellen lässt, muss man sie als ein neugebildetes Oxydationsproduct von Silicium betrachten, welches letztere in Verbindung mit Fluor [4]) oder mit Schwefel [5]) als flüchtiger Körper in höhere Ofenregionen geführt worden war. Wasserdämpfe werden nahe der Gicht in den meisten Fällen die Zersetzung dieser Siliciumverbindungen veranlassen.

Auf letztgedachten Umstand scheint zuerst Engelhardt [6]) aufmerksam gemacht zu haben, obwohl unter der unwahrscheinlichen Annahme, dass Silicium als solches mit dem Gasstrome aus den unteren Theilen des Ofens zur Gicht geführt werde und dann beim Austritt aus der Gicht verbrenne.

Es ist übrigens zu bemerken, dass die Löslichkeit der Kieselsäure nicht stets ein charakteristisches Kennzeichen für diese Art ihrer Entstehung ist, denn es haben z. B. die Cleveland-Eisensteine [7]) über 7 Proc. lösliche Kieselsäure, welche sich daher in Erztheilchen auch wieder finden muss, sobald diese aus Ofentheilen herrühren, in denen noch keine starke Gluth stattfand.

Bleioxyd findet man selbst bei sehr bleiglanzreichen Erzen nur wenig im Gichtstaub; das Blei scheidet sich vielmehr in flüssiger Form regulinisch im unteren Theile des Hochofens ab [8]).

Bei Verhüttung von zinkischen Brauneisensteinen, welche reich an silberhaltigem Bleiglanze sind, findet man indessen nicht selten wägbare Mengen Silber im Gichtsande. Man darf annehmen, dass dasselbe durch Zinkdämpfe mit emporgenommen sei.

---

[1]) Tunner, Jahrb. XV, S. 97. — [2]) Berg- und hüttenm. Zeitg. 1865, S. 419. — [3]) Berg- und hüttenm. Zeitg. 1868, S. 384. — [4]) Rammelsberg, Metallurgie 138. — [5]) Dingler's Journal 125, S. 313. — [6]) Bergwerksfreund 1840, Bd. II, S. 472. — [7]) Abthl. I, S. 305. — [8]) Eine auffallende Ausnahme macht nach der Analyse Nro. 4 (vor. S.) der Gichtstaub von Altenauer Hütte.

Zinkstaub. Das Zink verhält sich umgekehrt wie das Blei; es scheidet sich nicht regulinisch ab, sondern geht als staubförmiges Oxyd mit den Ofengasen fort, soweit es sich nicht als Gichtschwamm an die Ofenwände im oberen Schachttheile ansetzt. Bei geschlossener Gicht geht mehr davon mit den Gasen fort, während sich bei offener Gicht mehr als Gichtschwamm ansetzt.

Bei zinkhaltigen Erzen, namentlich Brauneisenerzen, ist der Gewinn, welcher durch Auffangung des Zinkoxydes in den Gasleitungen erzielt wird, oft so gross, dass sich schon dadurch allein die Anlage der letzteren bezahlt macht. Je weiter das Zinkoxyd von der Ofengicht entfernt sich ansetzt, um so reiner von erdigen Beimengungen pflegt es zu sein, und um so werthvoller als Material für die Zinkdarstellung. Zur directen Verwendung als Zinkweiss ist es dagegen selbst an den fernsten Punkten seines Absatzes nicht zu gebrauchen.

Man wird in allen den Fällen, in welchen sich ein so werthvolles Product absetzt, auf dessen bequeme Gewinnung Rücksicht nehmen müssen, während in den anderen Fällen die Reinigung der Gase alleiniger Zweck sein kann.

Alkalien. Die Gegenwart einer grossen Menge von Alkalien ist bereits S. 258 erwähnt und erklärt worden. Sie sind grösstentheils an Kohlensäure gebunden, aber auch an Schwefelsäure, an Phosphorsäure, an Cyan, an Chlor (welches daher in den Materialien enthalten sein muss) und an Jod. Den Nachweis des letzteren hat G. Leuchs geführt [1]), welcher folgende noch im Uebrigen interessante Thatsachen entdeckte. Die löslichen Salze (Gichtsalz), welche im Gichtstaube unter den in Wasser unlöslichen Substanzen (Sand, Kohle, Oxyden von Eisen, Mangan, Zink und Blei, Schwefeleisen) vorhanden sind, betragen den bei weitem geringsten Theil; das Verhältniss ist indessen verschieden bei verschiedenen Hochöfen und an verschiedenen Stellen der Röhrenleitung desselben Hochofens. Am meisten enthält der Gichtstaub des mittleren Theils des Röhrensystems zwischen Hochofen und Verbrennungsapparat.

Es wurden im Gichtstaub der Rosenberger Hütte bei Sulzbach (Bayern) im Durchschnitt nur 0,38 Proc., dagegen in den oberen Röhren der Leitung über 21 Proc. Salz gefunden. Bei der Untersuchung des Gichtstaubes der genannten Hochöfen, sowie der Kreuzthaler Hütte [2]), der Hochdahler Hütte bei Düsseldorf, der Komoraner Hütte bei Horzowitz fand sich neben Verbindungen von Chlor mit Kalium, Natrium, Ammonium, Magnesium, Calcium, Eisen und Mangan: Jod, und zwar im Gichtstaub

der Rosenberger Hütte (im Durchschnitt)	in 1000 Thln.	0,034 Thle.	Jod
der Komoraner Hütte (in einer Probe)	„ 1000 „	0,042 „	Jod
der Kreuzthaler Hütte (Probe aus der Leitung unmittelbar vor der Feuerung)	„ 1000 „	0,146 „	Jod

[1]) Erdmann's Journ. f. Chemie 1868, S. 186. — [2]) Wahrscheinlich die der Cöln-Müsener Gesellschaft bei Siegen.

Es liessen sich hiernach aus dem Gichtstaube der letzten Hütte jährlich 35½ Pfd. (17,75 Kilogr.) Jod gewinnen.

Während in dem Gichtstaube der Rosenberger Hütte nur Spuren von Schwefelsäure nachgewiesen werden konnten, dagegen viel Chlorcalcium, war in dem Gichtstaube der übrigen Hütten viel von ersterem, wenig von letzterem enthalten.

Die Zusammensetzung der löslichen Salze der Rosenberger Hütte war in 100 Theilen:

Chlorcalcium	51,4116
Chlorkalium	26,8983
Chlorammonium	17,7003
Chlormagnesium	1,4994
Chlornatrium	0,4914
Jodeisen	1,0890
Zink und Schwefelsäure	Spuren

Leitung der Gase von dem Gasfange aus und Reinigung derselben.

Leitung. Es ist bereits bei den Apparaten zum Auffangen der Gichtgase darauf hingewiesen worden, dass die Canäle, welche letztere aus dem Ofen führen, eine aufsteigende Richtung haben sollten, damit wenigstens das Gröbste des mitgerissenen Gichtstaubes in den Ofen zurückfalle.

Aus diesem Grunde verdient entschieden die Art von Apparaten den Vorzug, bei welchen wie beim Langen'schen (Fig. 203) oder dem Darby'schen Apparate (Fig. 187) das erste Gasleitungsrohr vertical aufsteigt.

Da es bei verstärktem Betriebe eines bereits mit Gasleitung versehenen Ofens nicht selten vorkommt, dass mehr Gase erzeugt werden als der Weite der Gasleitung entspricht, und dass daher die Spannung derselben eine zu hohe wird, so ist es zweckmässig, ein Abblaserohr anzubringen, dessen Mündungsweite durch ein Klappenventil regulirt werden kann, oder auf dem senkrechten Gasrohre ein solches Ventil anzuordnen, wie dies z. B. die Figuren 193, 201 und 205 zeigen.

Zur Weiterleitung sollte man stets ein knieförmiges Rohr, wie es z. B. bei dem von Hoff'schen Apparat (Fig. 208) angebracht ist, wählen, da ein horizontales Rohr mechanische Reinigung verlangt, welche in diesem Niveau nur schwierig ausführbar ist, während in einem Rohre der ersten Art der Gichtstaub entweder in den Hochofen oder in das Ableitungsrohr hinabgleitet.

Das verticale Ableitungsrohr hat den Zweck, die Gase zum Niveau der Verbrennungsvorrichtungen hinabzuführen.

Da eine grosse Weite desselben den Vortheil bietet, dass der Gichtstaub sich aus den mit geringer Geschwindigkeit absteigenden Gasen leichter absetzt, so giebt man dem Rohre einen Durchmesser von nicht

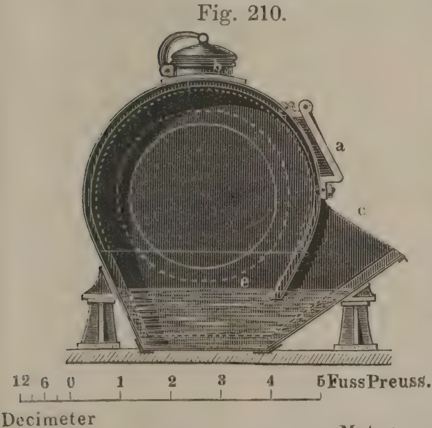
weniger als 18 bis 24 Zoll (0,47 bis 0,63 Meter), gewöhnlich aber von circa 3 Fuss (1 Meter). Man stellt es aus Blech her, welches luftdicht genietet sein muss.

Sind auf einem Werke mehrere nicht all zu fern von einander stehende Hochöfen vorhanden, so vereinigt man die Ableitungsröhren sämmtlicher Oefen in ein gemeinschaftliches, gewöhnlich hinter der ganzen Anlage und vor dem Möllerhause durch, in angemessener Höhe (mindestens 3 bis 4 Meter) über der Hüttensohle, horizontal laufendes Sammelrohr. Hier soll sich die Hauptmasse des Gichtstaubes und, falls Zinkoxyd gewonnen wird, auch dieses absetzen. Zugleich sucht man hier alle Wasser- und Theerdämpfe vollkommen zu condensiren, um in die Vertheilungsröhren, welche nach den einzelnen Verbrennungsapparaten führen, möglichst reine Gase gelangen zu lassen. Es muss indessen bemerkt werden, dass bei Gasableitung aus tieferen Zonen des Ofens dieser Zweck nur selten vollständig erreicht wird, und namentlich Zinkoxyd sich in den meisten Fällen noch reichlich in der weiteren Leitung, ja selbst aus der Flamme der bereits wieder verbrannten Gase abzusetzen pflegt.

Man glaubte früher in Deutschland, dass bei Verwendung sehr zinkischer Erze ein Versetzen der Röhren durch Zinkstaub der Gasentziehung überhaupt hinderlich sein werde; es hat sich aber, wie zu erwarten [1]), durch die Erfahrung gezeigt, dass das Zinkoxyd sich nur pulverförmig absetzt und dass im Gegentheil sogar die Bildung der Gichtschwämme im Ofen dadurch vermindert wird.

Wasserreinigungsvorrichtungen. Um der natürlichen Abkühlung der Gase durch Ausstrahlung der Leitungsrohrwandungen zu Hülfe zu kommen, pflegt man Wasser anzuwenden.

Fig. 210.



S-Apparat zu Tarnowitzer-Hütte.

Der zweckmässigste Wasserreinigungsapparat ist der sogenannte S-Apparat, der seinen Namen davon hat, dass sein Querschnitt einige Aehnlichkeit mit dem Buchstaben S zeigt. Als lothringischer Apparat wird er zuweilen bezeichnet, weil er zuerst auf den Werken an der oberen Mosel Verbreitung fand.

Ein solcher Apparat ist in Fig. 210 abgebildet. Als Material zu seiner Herstellung wählt man gewöhnlich Blech, welches winddicht zusammengenietet ist. Der Boden schliesst an

[1]) Neuerungen, auch wenn sie durch anderweitige Erfahrungen wohl begründet erscheinen, finden bei den Praktikern bekanntlich oft die heftigsten Widersprüche.

der einen Seite nicht an die Wandung an, sondern ist schräg aufwärts gebogen, so dass eine Verbindung des inneren Raumes mit der äusseren Luft nach Art eines communicirenden Rohres entsteht. Der untere Theil ist mit Wasser erfüllt, welches als Sperrflüssigkeit zwischen Gas und Atmosphäre dient, wie dies Fig. 210 zeigt. Den sich hier absetzenden Gichtstaub kann man ohne Unterbrechung des Betriebes von Aussen durch die Oeffnung *c* vermittelst einer Krücke entfernen. Das Wasser dient gleichzeitig als Sicherheitsventil, da es im Falle eines im Innern entstehenden zu hohen Druckes herausgeschleudert wird, wonach die vollkommene Communication des Gasraumes mit der Luft hergestellt ist. Für besondere Reinigungsarbeiten und Reparaturen werden die gleichzeitig ebenfalls als Sicherheitsventile wirkenden Verschlüsse *b* und *a*, welche in Entfernungen von circa $6^1/_3$ zu $6^1/_3$ Fuss (1,987 zu 1,987 Meter) angebracht sind, benutzt. Der hier dargestellte Apparat von Tarnowitzer-Hütte [1]) hat eine Länge von 25 Fuss 5 Zoll (7,977 Meter); er steht auf der Hüttensohle und wird von gusseisernen Ständern gestützt. Häufig legt man den S-Apparat auch auf Consolen oder Säulen, so dass er parallel dem Hauptwindleitungsrohr hinter den Hochöfen entlang läuft. Die letztere Anordnung ist die gewöhnliche auf französischen Werken. Das Gas strömt in einem solchen Apparate auf eine weite Erstreckung über Wasser, kühlt sich hinreichend ab und lässt gleichzeitig den Flugstaub fallen. Bei einer Anlage mit mehreren nebeneinander stehenden Hochöfen dient die Vorrichtung zugleich als Hauptsammelrohr und Druckregulator für die Gase sämmtlicher Oefen.

Zuweilen hat man auch an höheren Theilen der Gasleitung ähnliche Apparate in kleinerem Maassstabe eingeschaltet. Ein solcher von der Johannishütte bei Duisburg ist in Fig. 211 abgebildet [2]). Aus dem Hochofen *A* gehen die Gase durch mehrere Röhren *B* in den rings um den Ofen laufenden Canal *C*, von dort durch das Rohr *D* in den Reiniger *E*, welcher wie der vorher beschriebene durch Wasser abgesperrt ist, und in den Winderhitzungsapparat *F F*. Die hier verbrannten Gase werden in der Richtung der Pfeile durch die Blechesse *G H* angesaugt und über das Gichtniveau *J J* fortgeleitet.

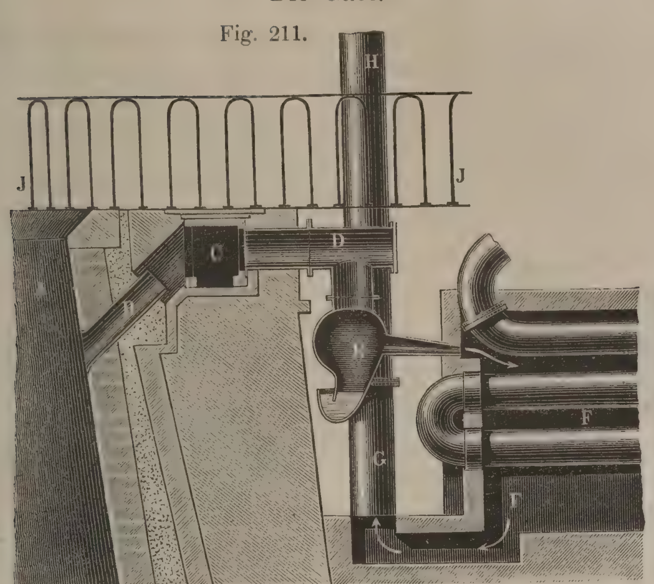
Bei kleineren, namentlich einzeln stehenden Holzkohlenhochöfen wendet man den Wasserregulatoren ähnliche Apparate an, deren Boden man wohl eine rinnenartige Gestalt giebt, um den Gichtstaub besser sammeln zu können. Ein solcher Apparat, welcher bei dem Hochofen zu Eisenerz in Steyermark [3]) aufgestellt ist, findet sich in Fig. 212 (S. 361) und Fig. 213 (S. 362) abgebildet.

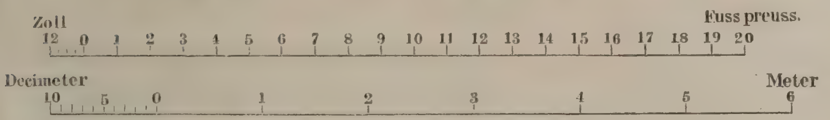
Die durch das Blechrohr *a* auf die Hüttensohle geleiteten Gase treten in den Reinigungskasten *b*, welcher in den Wasserbehälter *c* eingetaucht ist, kühlen sich über der 12 □Fuss grossen Wasserfläche ab und strömen

---

[1]) Die Zeichnung verdankt der Bearbeiter der Güte des Herrn Directors Lucke daselbst. — [2]) Vergl. Schönfelder, Bauliche Anlagen I. Jahrg., 2. Lief. Taf. XI. — [3]) Vergl. Rittinger's Erfahrungen 1858, S. 31.

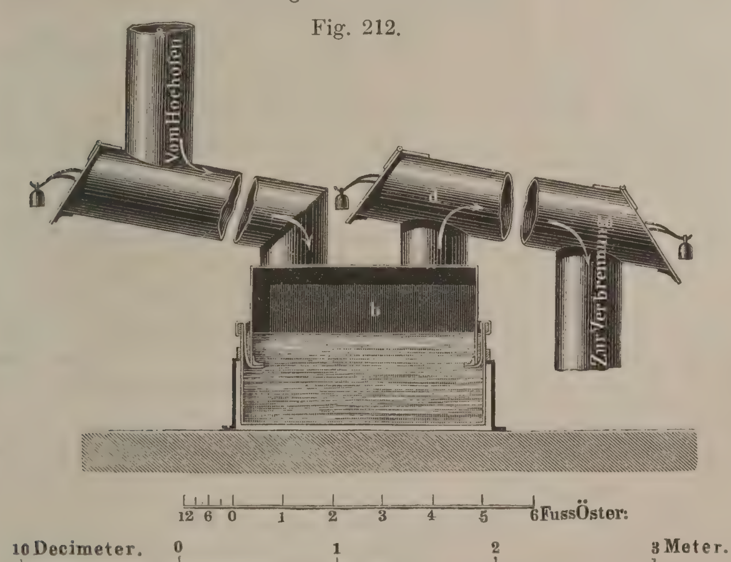
Fig. 211.





Gasreiniger zu Johannishütte.

Fig. 212.



12 6 0 1 2 3 4 5 6 Fuss Öster:

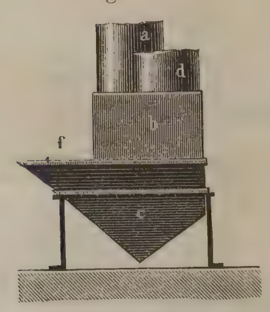
10 Decimeter. 0 1 2 3 Meter.

Gichtgasreiniger zu Eisenerz. Durchschnitt.

gereinigt aus *d* wieder aus. Auch hier kann man vermittelst Krücken den Gichtstaub aus dem Sammelkasten *c* von *f* aus herausholen, ohne den Betrieb zu unterbrechen.

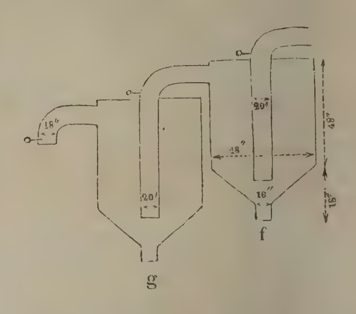
Zu Vordernberg befindet sich ein Doppelwaschapparat, welcher in Fig. 214 abgebildet ist [1]). Der Gichtstaub kann hier durch die am Boden der Kästen befindlichen Röhren *f* und *g* abgelassen werden.

Fig. 213.



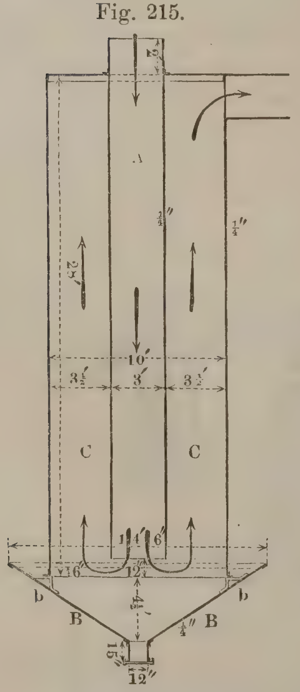
Gichtgasreiniger zu Eisenerz (Seitenansicht).

Fig. 214.



Gichtgasreiniger zu Vordernberg.

Fig. 215.



Gasreiniger zu Laurahütte.

Aehnlich ist zu Laurahütte in Oberschlesien ein für die dortigen grossen Kokshochöfen ausreichender Apparat nach einer Construction von Langen angelegt. Derselbe ist in Fig. 215 [2]) abgebildet. Das Gas tritt aus der Leitung abwärts durch ein 3 Fuss (0,942 Meter) weites Rohr *A* bis 6 Zoll (0,157 Meter) über den Wasserspiegel und steigt dann in dem ersteres umgebenden 10 Fuss (3,148 Meter) weiten Rohre *C* wieder aufwärts. Das Wasser ist in einer Schale *B B* enthalten, welche unten mit einem durch Klappe verschliessbaren Ablassrohre versehen ist. Die an der Schale befestigten Knaggen *b b* tragen den äusseren Cylinder. Der ganze Apparat ist aus $^1/_4$ zölligem (0,065 Meter starkem) Eisenblech angefertigt.

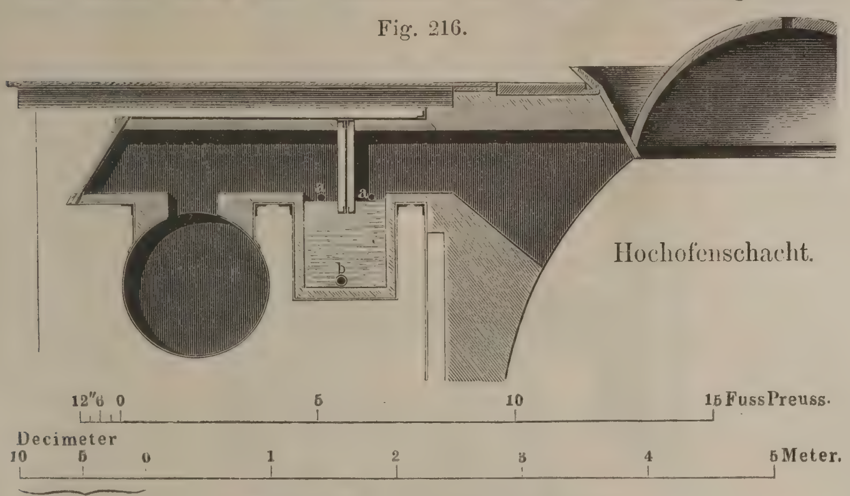
Es muss hierbei darauf aufmerksam gemacht werden, dass ein Durchleiten der

---

[1]) Vergl. Kerl, Hüttenk. Bd. I, Taf. III, Fig. 83 a. — [2]) Nach einer Zeichnung, die der Bearbeiter der Güte des Herrn Director Richter daselbst verdankt.

Gase durch Wasser zwar energischer als ein blosses Darüberleiten reinigen, aber den grossen Nachtheil eines stets veränderlichen Druckes und in Folge davon eines ungleichförmigen Ausströmens haben würde. Wendet man eine solche Vorrichtung an, so muss sie möglichst nahe am Entziehungsorte der Gase aus dem Hochofen liegen, damit der Gasdruck sich in der folgenden Röhrenleitung auszugleichen Gelegenheit habe. Fig. 216 stellt einen Gasreiniger zu Cwm-Celyn in Süd-Wales dar. Das Gas tritt hier durch eine geringe Wassersäule unter der in der Leitung befind-

Fig. 216.



Gasreiniger zu Cwm-Celyn in Süd-Wales.

lichen Scheidewand zwischen *aa* hindurch. Der Wassersack wird durch steten Zufluss durch das Rohr *b* mit Wasser versorgt, während der Ueberschuss durch die Röhren *aa* abfliesst. Bei Oefen, deren Gase viel Gichtstaub mit sich führen, liesse sich eine solche Einrichtung nicht mit Vortheil treffen, da der Wassersack sich sehr bald füllen und den Abzug der Gase verstopfen würde.

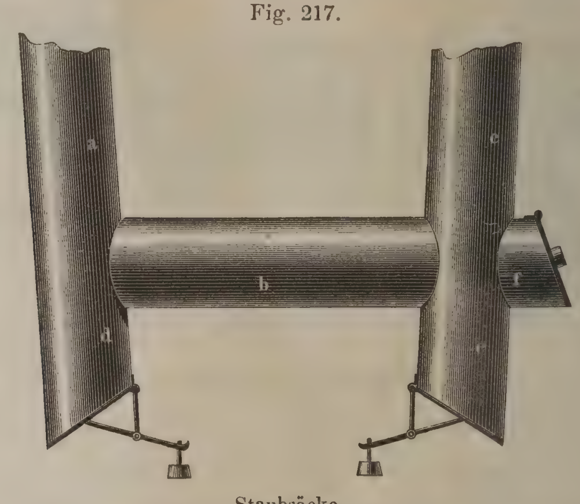
Bei sehr nassen Erzen und in Folge davon durch Wasserdampf sehr verunreinigten Gasen könnte eine Condensation durch eingespritzten Wasserregen wohl zweckmässig erscheinen. Im Allgemeinen ist aber eine solche immerhin complicirte Einrichtung (welche später bei Betrachtung der Lundin'schen Gasfeuerungen für Schweissöfen beschrieben werden wird) nicht erforderlich. Noch weniger hat sich der Vorschlag Vaughan's[1]), die Gichtgase mit Wasserdampf gemischt durch eine Kokssäule zu leiten, welche durch herabtröpfelndes Wasser feucht erhalten wird, in der Praxis Bahn gebrochen.

Staubsäcke. Hat man sehr lange Gasleitungen nöthig, so kann man in Folge der starken Wärmeausstrahlung durch die Wandungen die Wasser-

[1]) Mining. Journ. 1862, 1395.

kühlung ganz entbehren. Es muss in diesem Falle aber stets für sogenannte Staubsäcke gesorgt werden, d. h. man muss bei dem jedesmaligen Uebergange der Röhren aus verticaler in horizontale Richtung und umgekehrt das verticale Rohr nach unten verlängern, weil gerade in Folge der bei plötzlichen Biegungen entstehenden Geschwindigkeitsänderungen des Gasstromes dort der reichlichste Absatz von mechanisch mitgerissenen oder aber condensirten Theilchen stattfindet. Die Fig. 217 zeigt die Anordnung solcher Staubsäcke. Aus der niedersteigenden Röhre *a* geht das Gas in die horizontale Leitung *b*, um von dort wieder vertical

Fig. 217.



Staubsäcke.

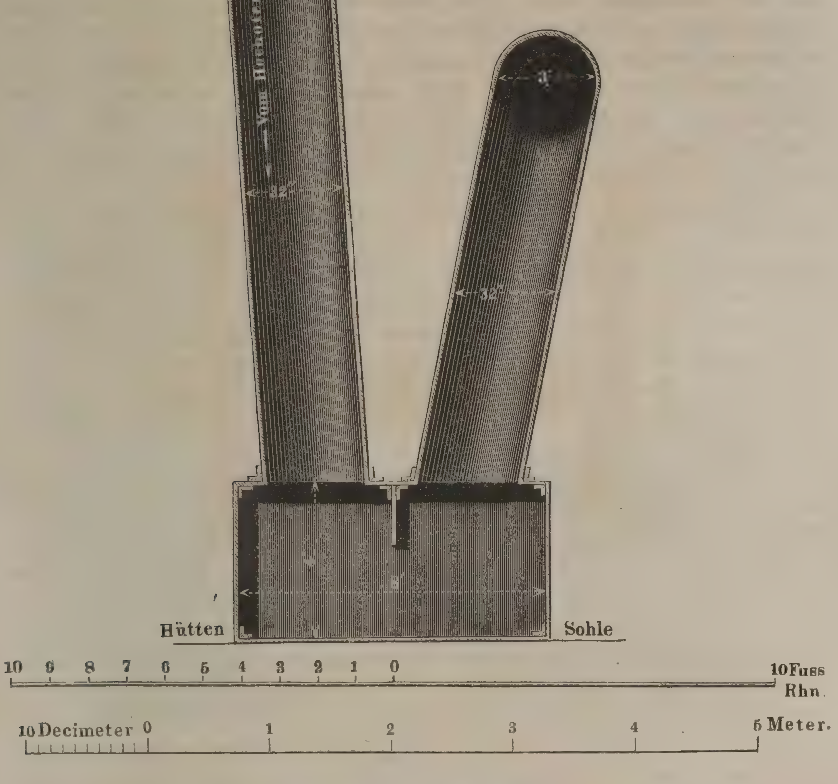
in *c* aufzusteigen. Sowohl Rohr *a* als Rohr *c* besitzt einen Staubsack (*d* und *e*), welcher zum Herauslassen des Gichtsandes mit einer durch Gegengewicht verschlossenen Klappe versehen ist.

Eine andere Einrichtung eines Staubsackes, welche sich auf der Johannishütte bei Duisburg befindet, ist in Fig. 218 (S. 365) abgebildet. Dieselbe steht auf der Hüttensohle und bildet gleichzeitig den Träger für die Röhrenleitungen.

Reinigung der Röhren. In Folge der während der Abkühlung an den Rohrwandungen eintretenden Condensation von Theer, wasseranziehenden alkalischen Salzen u. s. w. setzt sich auch der eigentliche Gichtstaub, von diesen Substanzen eingeschlossen, an den inneren Wandungen der Röhren, namentlich aller mehr oder weniger horizontal laufenden, fest. Es müssen dieselben daher behufs ihrer Reinigung zugänglich sein und man verschliesst deshalb auch dort, wo sich keine Staubsäcke befinden, die Rohrendigungen nicht fest, sondern nur mit Klappen (*f*, Fig. 217), welche, wie weiter unten gezeigt werden wird, zugleich den Zweck erfüllen, die nachtheilige Wirkung eintretender Explosionen zu verringern.

Meist sind die Gasleitungen weit genug, so dass die ab und zu nöthig werdenden Reinigungen durch Knaben, welche hineingeschickt werden,

Fig. 218.



Staubsack zu Johannishütte.

geschehen können. Sonst reinigt man sie, wie die russischen Schornsteinrohre, durch Bürsten oder, was sich wegen der Löslichkeit der den Gichtstaub zusammenhaltenden alkalischen Salze meist sehr gut bewährt, mittelst eines Stromes durchgeleiteten Wassers.

Verbrennungsvorrichtungen.

Verbrennungsluft. Es ist bereits bei der Heizung der Winderhitzungsapparate durch Gichtgase darauf hingewiesen worden, dass die Verbrennung dieser Gase besondere Einrichtungen erfordere.

Die wichtigsten Punkte, welche hierbei zu beachten sind, beziehen sich auf das richtige Luftquantum, welches den Gasen zu ihrer Verbrennung zugeführt werden muss, auf die gute Vermischung der Gase mit der Luft und auf die stetige Inbrandhaltung der Gase.

Luftmenge. Kennt man die Zusammensetzung der Gase, so ist es, wie bereits gezeigt, leicht, die Sauerstoff- und hiernach die Luftmenge zu bestimmen, welche zu der Verbrennung der verbrennlichen Theile derselben erforderlich ist. Wenn nun auch zur Ausnutzung der Wärme eine möglichst vollständige Verbrennung wünschenswerth wäre, so ist doch zur Schonung der Apparate, welche erhitzt werden sollen, falls sie aus Metall bestehen (Windröhren, Dampfkessel), eine reducirende Atmosphäre, also eine unvollständige Verbrennung besser.

Da die Gase der Hochöfen nach dem Schmelzgange in ihrer Zusammensetzung variiren, so ist es auch dann, wenn die Menge der Verbrennungsluft im grossen Durchschnitte bereits bestimmt war, noch nothwendig, den Luftzutritt während des Betriebes reguliren zu können. Dies geschieht am besten durch Schieber aus Blech, welche mit schlitzförmigen Oeffnungen versehen sind. Diese Oeffnungen entsprechen in Grösse und Zahl den Luftzuführungsöffnungen im Mauerwerk oder der Thür des Verbrennungsraumes. Durch eine seitliche Verrückung des Schiebers werden diese Oeffnungen nach Belieben verkleinert oder vergrössert.

Es ist in der Praxis nicht leicht, durch den blossen Augenschein zu beurtheilen, ob eine richtige Verbrennung stattfindet. Dies hat in Folgendem seinen Grund: Da (wie die Seite 213 angeführten Untersuchungen Bunsen's beweisen) die Verbrennung der Gase nicht plötzlich, sondern in Intervallen stattfindet, so tritt nicht sofort bei dem Zusammentreffen von Gas und Luft eine vollständige Verbrennung ein, sondern auf die erste Verbrennung folgt nach eingetretener hinreichender Abkühlung eine zweite, dritte u. s. f. Hieraus erklärt sich die ungemein grosse Länge der Gasflamme im Gegensatz zu einer von festem Brennmaterial herrührenden Flamme. Wird zu wenig Luft zugeführt, so verkürzt sich die Flamme, weil nach der ersten Verbrennung kein Sauerstoff mehr vorhanden ist; dieselbe Erscheinung findet aber auch bei zu starker Luftzuführung statt, weil in diesem Falle die durch letztere bewirkte Abkühlung so stark wird, dass die Verbrennungen sehr schnell und bald am Einströmungsorte erfolgen. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass beide Fälle unökonomisch sind. Als praktische Regel darf man daher Folgendes aufstellen: Man verstärke den Luftzutritt so lange, bis die Flamme ihre grösste Länge erreicht hat, dann verkleinere man ihn wieder, um eine etwas reducirende Flamme zu erhalten.

Luft- und Gasmengung. Wenn das Gas als voller Strom von kreisförmigem Querschnitt durch den Verbrennungsapparat strömt, so

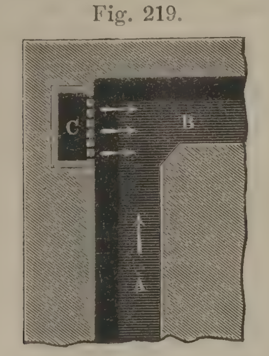
trifft die Verbrennungsluft nur eine verhältnissmässig kleine Oberfläche desselben und es erfolgt eine sehr unvollständige Verbrennung. Deshalb muss man auf möglichste Vertheilung des Gases und der Luft Bedacht nehmen, um auf diese Weise so viel Berührungspunkte als möglich zwischen beiden zu schaffen.

Dies war schon von Faber du Faur gegen das Jahr 1837 richtig erkannt worden und er versuchte den Zweck dadurch zu erreichen, dass er die Luft in fein vertheilten Strömen in den vollen Gasstrom bei dessen Biegung um einen rechten Winkel einblies. Eine solche Feuerung veranschaulicht Fig. 219 [1]), wo das von *A* kommende Gas bei seiner Umbiegung nach *B* von den aus *C* einströmenden Luftströmen getroffen wird. Aber es entging hierbei noch ein grosser Theil des Gases der Verbrennung.

Thomas und Laurens construirten dann eine Feuerung nach folgenden von ihnen aufgestellten Grundsätzen:

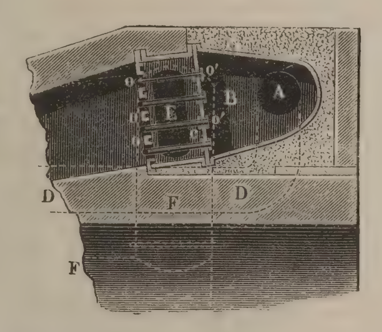
1. Gas und Luft müssen in kleinen, parallelen, abwechselnden Strahlen in die Feuerung einströmen.
2. Beide müssen verschiedene Geschwindigkeiten haben.
3. Eines der beiden Materialien oder besser beide müssen erhitzt sein.

Fig. 219.



Gasverbrennung nach Faber du Faur.

Fig. 220.



Gasverbrennung nach Thomas und Laurens.

Die feine Vertheilung soll die Berührungspunkte vermehren; die verschiedene Geschwindigkeit soll verhüten, dass sich zwischen die Ströme von Gas und Luft der aus der Luft übrig bleibende Stickstoff und die aus der Verbrennung resultirende Kohlensäure als trennende Schicht legen; die Erhitzung soll bewirken, dass in Folge der grösseren Extension der einzelnen Gas- und Luftpartikelchen eine energischere Verbrennung stattfinde, und die zur Verbrennung nöthige Wärme nicht erst durch die Verbrennung selbst hervorgerufen zu werden brauche.

Ein nach diesen Principien construirter Verbrennungsapparat ist in Fig. 220 [2]) abgebildet. Die Luft wird durch ein Gebläse vermittelst der

---

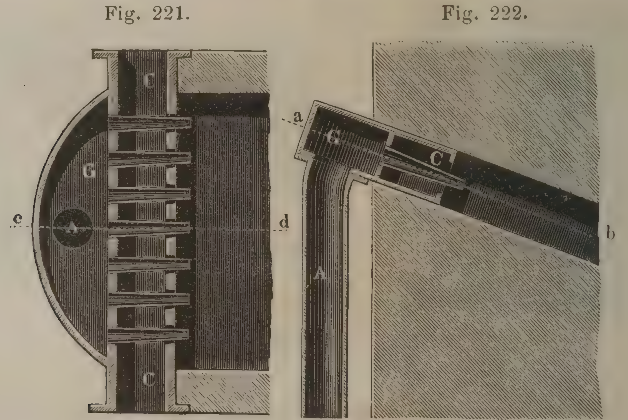
[1]) Vergl. Peclet, Traité de chaleur I, pag. 320. — [2]) Loc. cit.

Röhre DDA in den Raum B geblasen, aus dem sie durch die kleinen in die Trennungswand eingeschraubten Röhren $o' o'$ in den Verbrennungsraum gelangt. Das Hochofengas tritt durch die Röhre FFE in den Raum c, und gelangt aus diesem durch die die Mündungen der Röhren o' umgebenden concentrischen Röhren o in den Verbrennungsraum, wo es sich mit der Luft mischt. Es wurde zu den Versuchen Luft von 300 bis 400° C. und einer Pressung von 15 bis 20 Centimeter Wassersäule angewendet, und es wird behauptet, dass bei einer Temperatur der Gase von 200 bis 300° C. die besten Resultate erzielt worden seien.

In ähnlicher Weise construirt, doch vereinfacht dadurch, dass man statt mehrerer Reihen Einströmungsöffnungen über einander nur eine einzige Reihe wählt, findet man noch jetzt mehrere Gasfeuerungen auf Hüttenwerken angeordnet. In Fig. 221 und 222 ist eine derartige Einrichtung abgebildet[1]). Durch A tritt die Verbrennungsgebläseluft in den Raum G und strömt aus diesem durch sieben Düsen in den Verbrennungsraum, während die Gase von beiden Seiten in den Canal CC treten und aus ringförmigen die Düsen umschliessenden Canälen austretend sich mit der Luft vereinigen.

Wenn auch die Richtigkeit der angeführten Principien nicht bezweifelt werden kann, so ist doch die Einrichtung der danach construirten

Fig. 221. Fig. 222.



Durchschnitt nach *a b*. Durchschnitt nach *c d*.

Gasverbrennung nach Schinz.

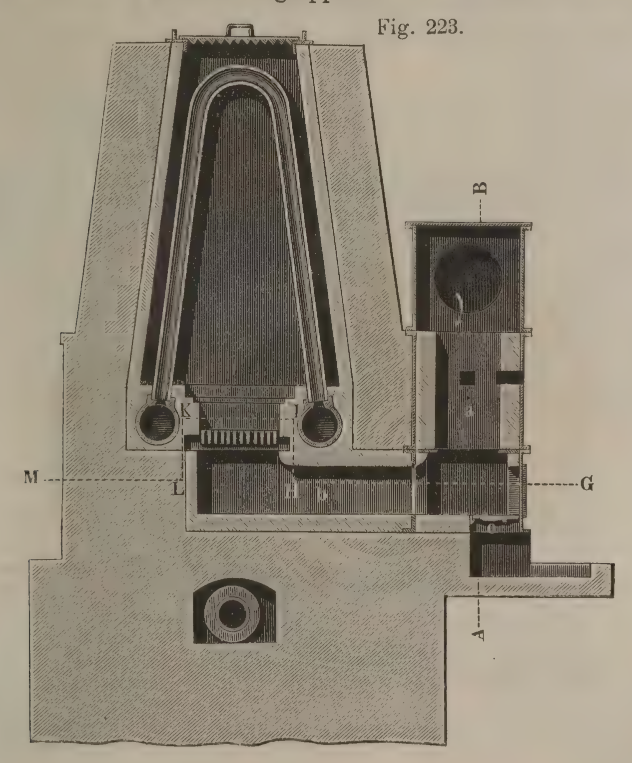
Apparate derart, dass ihre Unterhaltung in der Praxis viel Schwierigkeiten verursacht. Die Anwendung von Gebläsewind zur Verbrennung bedingt geschlossene, daher schwer zugängliche Windzuführungen; die Vertheilung der Gase durch ringförmige Düsen begünstigt die Versetzung durch Gichtstaub und erschwert die Reinigung; die Benutzung heisser Gase verbietet (wenn man nicht eine erneuete künstliche Erhitzung zu Hülfe nehmen will) deren Abkühlung behufs Reinigung von Wasserdampf.

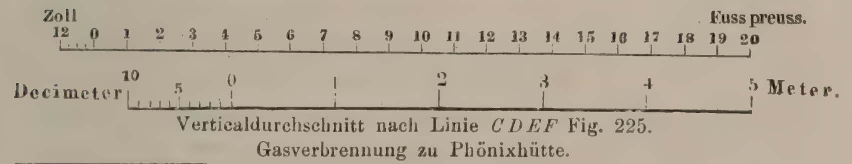
---

[1]) Vergl. Schinz (Wärmemesskunst), Tafel VI, Fig. 102 und Fig. 104.

Man ging daher zuerst zu einer Vereinfachung der Apparate nach Art der Beaufumé'schen Generatorgasfeuerungen über, d. h. man leitete Gase und Verbrennungsluft durch neben einander liegende rectanguläre Oeffnungen in den Verbrennungsraum, und erwärmte nur die vom Gebläse eingepresste Verbrennungsluft durch Circulation unter und neben dem Verbrennungsraume. Später vereinfachte man die Anlage noch bedeutend mehr durch Benutzung von Zugluft statt der Gebläseluft, und kam auf diese Weise zu Anlagen, wie Fig. 223, Fig. 224 und 225 (a. f. S.), welche die Gasverbrennung für einen Winderhitzungsapparat auf der Phönixhütte bei Ruhrort darstellen [1]). Hier strömt das Gas in der Richtung des Pfeiles in den Verbrennungsraum *a*, mischt sich dort mit der Luft, welche aus den viereckigen Oeffnungen im Mauerwerke zugeführt wird, entzündet sich an den Hülfsfeuerungen *cc* und gelangt durch die Schlitze *bb* in den Winderhitzungsapparat. Versagen die Gase, so heizt

Fig. 223.



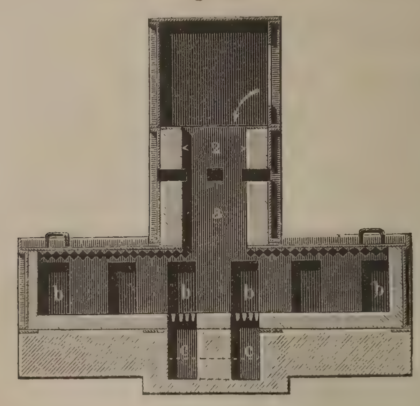


Verticaldurchschnitt nach Linie *CDEF* Fig. 225.
Gasverbrennung zu Phönixhütte.

[1]) Vergl. Schönfelder, Baul. Anlagen Taf. III, Jahrg. III, Fig. 2, 3 bis 4.

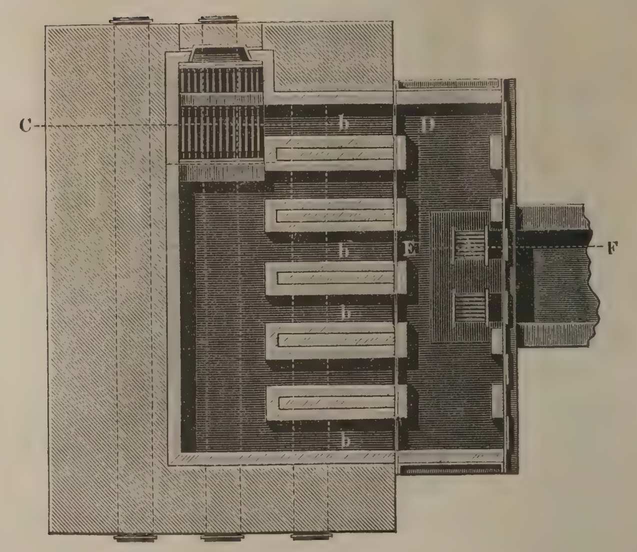
man auf dem hinreichend grossen Reserveroste, welcher in Fig. 225 im Grundrisse zu sehen ist.

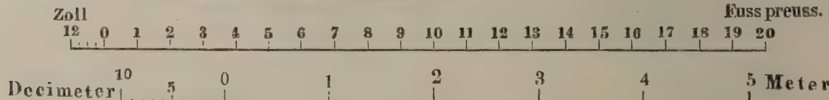
Fig. 224.



Verticalschnitt nach *AB* Fig. 223.

Fig. 223.





Grundriss nach *MLKIHG* Fig. 223.

Gasverbrennung zu Phönixhütte.

Im Allgemeinen findet gegenwärtig diejenige Anordnung die häufigste Anwendung, bei welcher zwei Gasströme an beiden Seiten des Feuerungs-

raumes durch vertical oblonge Schlitze von geringer Breite eingeführt werden, während die Luft in der Mitte durch stellbare Oeffnungen der Thür eindringt. Seltener kehrt man die Einrichtung um und lässt die Gase in der Mitte, die Luft durch zwei Oeffnungen an der Seite einströmen; denn die Erfahrung lehrt, dass dies weniger erfolgreich für eine gute Verbrennung ist, als die erstere Methode.

Eine Anordnung der letzten Art zeigen Fig. 226 und 227 [1]). Die gereinigten Gase gelangen aus dem Rohre *a* durch das in horizontaler

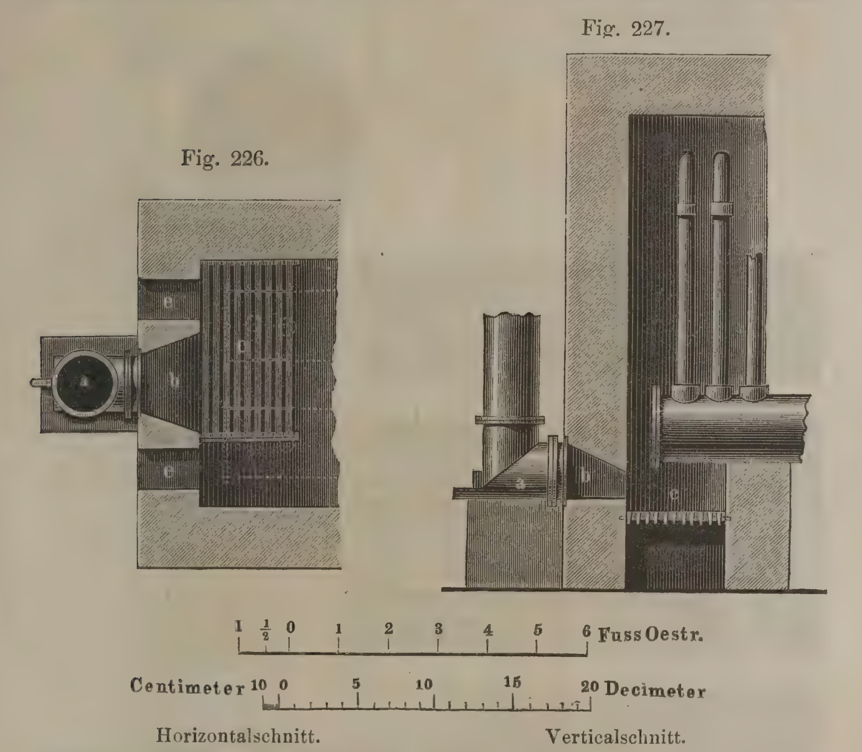


Fig. 226. Horizontalschnitt.

Fig. 227. Verticalschnitt.

Gasverbrennung zu Eisenerz.

Richtung sich erweiternde, in verticaler Richtung sich verengende Mundstück *b* in den Verbrennungsraum, während die Luft durch die Oeffnungen *e e* von beiden Seiten zutritt. Hier strömt auch noch Luft zu durch den Rost *c*, dessen Zweck in der Aufnahme einiger Kohlen zur Inbrandhaltung der Gase besteht. In dem Horizontalschnitte Fig. 226 ist ein Drittel der Roststäbe als fortgenommen gedacht.

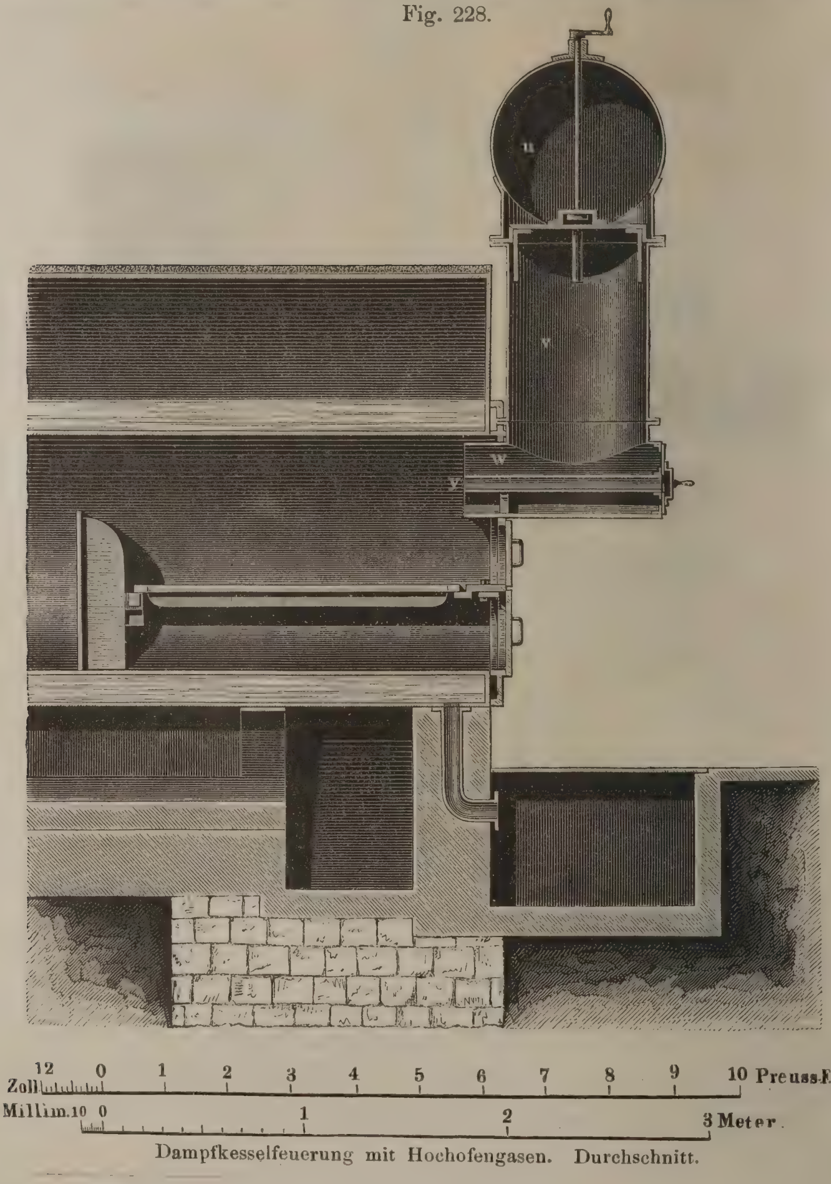
Zuweilen leitet man auch das Gas durch ein dem vorigen ähnlich geformtes schnabelförmiges, aber geneigt gestelltes Mundstück mit horizontalem Schlitz von oben schräg abwärts in den Feuerungsraum ein,

[1]) Vergl. Kerl, Hüttenkunde I, Taf. IV, Fig. 88 und 89.

während die Luft durch Oeffnungen der darunter liegenden Thür (theilweise auch durch den Rost) eintritt.

Eine Einrichtung, welche zur Heizung von Dampfkesseln auf der Hütte zu Neustadt am Rübenberge bei Hannover angewendet und bei welcher die Verbrennungszugluft durch Röhren, die innerhalb der Gasleitungsröhren liegen, eingeführt wird, ist in Fig. 228 und Fig. 229 dargestellt[1]). Sie schliesst sich zwar in ihrer Construction an die Seite 367

Fig. 228.

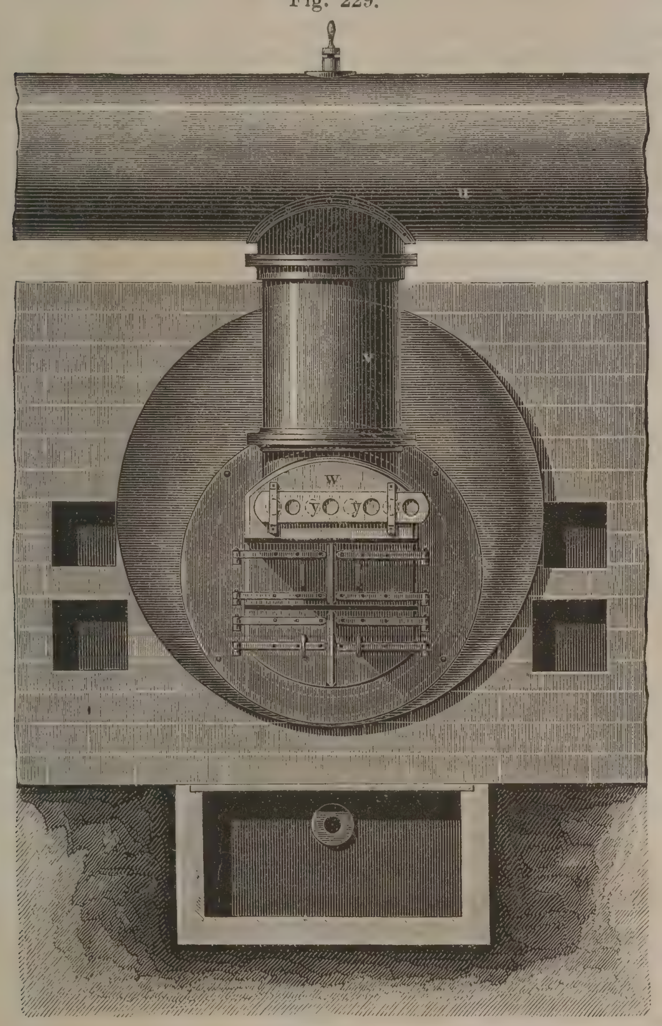


Dampfkesselfeuerung mit Hochofengasen. Durchschnitt.

[1]) Sammlung von Zeichnungen für die Hütte 1861, Taf. 15 i.

und Seite 368 geschilderten, mit Gebläseluft betriebenen Einrichtungen an, wird aber wie die vorhergehenden Verbrennungsapparate mit Zugluft

Fig. 229.



Maassstab von Fig. 228.

Dampfkesselfeuerung mit Hochofengasen. Vorderansicht.

gespeist. Das Gas geht in dem Rohre *u* vor allen Kesseln entlang und wird jedem einzelnen durch einen Stutzen *v* und den Ansatz *w* zugeführt. In dem letzteren liegen je vier Röhren *y* für die Luft, deren Menge durch kleine Schieber (Reiber) regulirt werden kann. Der Rost dient nur zur Reserve.

Es hat sich zwar in den meisten Fällen herausgestellt, dass die gewöhnlichen Oeffnungen an den Schlussflächen einer mit nicht all zu grosser Sorgfalt gearbeiteten Thür genügen, um der Luft hinreichenden Zutritt zu gewähren; indessen ist eine Einrichtung, bei welcher die Luftmenge nicht regulirt werden kann, stets verwerflich. Ueberhaupt legt man auf die richtige Grösse der Gas- und Luftzuführungsöffnungen in der Praxis meist einen viel zu geringen Werth und daher kommt es z. B., dass man die Gase vom Betriebe der Hochöfen auf graues Roheisen in manchen Gegenden nicht verwerthen zu können glaubt. Würde man den Gasausströmungsöffnungen einen der verhältnissmässig geringen Gasmenge entsprechenden Querschnitt und den Gasen damit eine passende Geschwindigkeit geben, so würde auch hier eine regelmässige Verbrennung stattfinden. Natürlich darf man nicht voraussetzen, dass ein geringeres Gasquantum dasselbe leiste, als eine grössere Menge, und z. B. nicht erwarten, dass wenn die Gase eines auf weisses Eisen schnell betriebenen Hochofens zur Heizung einer gewissen Zahl von Dampfkesseln ausreichen, dies auch beim langsameren Betriebe desselben Hochofens auf graues Roheisen der Fall sein werde.

Länge des Verbrennungsraumes. Da die Verbrennung der Gase nur allmälig stattfindet, so muss der Verbrennungsraum eine hinreichende Ausdehnung haben. Bei der Benutzung der Gase zur Dampferzeugung sind die Canäle unter dem Kessel und seitwärts von demselben ohne Schwierigkeit in der erforderlichen Länge herzustellen; bei Röstöfen, Kalkbrennöfen u. dergl. m. ergiebt sich eben so natürlich ein langer Weg zwischen den zu erhitzenden abwärts sinkenden Stücken; schwieriger wird es gewöhnlich, bei Winderhitzungsapparaten dieser Forderung gerecht zu werden. Der Regenerator-Winderhitzungsapparat erfüllt am vollständigsten den verlangten Zweck.

Inbrandhaltung der Gase. Wenn die zu Feuerungen benutzten Gase von einem einzigen Ofen entnommen werden, so wird der Gasstrom unterbrochen, so oft die Gicht, falls sie für gewöhnlich geschlossen ist, behufs der Beschickung geöffnet wird, und so oft man den Wind, sei es beim Abstich oder zum Zwecke von Reparaturen, am Hochofen abstellt. Kommt nun der Gasstrom wieder in Gang, so strömt er, namentlich wenn er durch Reinigung abgekühlt ist und mit einfachem Zugwind verbrannt wird, unentzündet aus, erfüllt also seinen Zweck nicht und kann ausserdem, wie sogleich gezeigt werden wird, zu schlimmen Explosionen Veranlassung geben.

Um derartige Störungen zu vermeiden, muss man Hülfsmittel anwenden, welche die Beseitigung derselben durch Menschenhände, d. h. durch jedesmaliges erneutes Anzünden des Gasstromes, unnöthig machen.

Es giebt zwei derartige Hülfsmittel, welche häufig vereinigt benutzt werden; das erste ist die Construction von Verbrennungskammern, deren Wände auch bei längerer Unterbrechung des Gasstromes

die nöthige Wärme zur Entzündung bewahren, das zweite die Anlage von Hülfsfeuerungen.

Verbrennungskammern, deren Vorzüge zur Vermeidung der nachtheiligen Einwirkung einer directen Stichflamme auf die Eisentheile der Winderhitzungsapparate oder auf die Dampfkesselbleche bereits hervorgehoben worden sind, genügen nur dann vollständig, wenn ihre Wände hinreichend stark sind, um die Hitze für die Zeit der Unterbrechung des Gasstromes auf mehr als 300° zu erhalten. Man umgiebt sie daher mit schlechten Wärmeleitern oder richtet sie nach Art der Regeneratoren mit Scheidewänden ein, wie überhaupt die Anlage von Regeneratoren (vergl. S. 146) sie vollständig ersetzt. Solche Verbrennungskammern sind bereits in Fig. 94 bis 97 S. 117 und 118 und Fig. 107 bis 109 S. 128 und 129 abgebildet. Eine Verbrennungskammer, welche bei Anwendung von erhitzter Gebläseluft benutzt werden kann, ist in Fig. 230 (a. f. S.) dargestellt [1]). Die Vorrichtung wird auf der Friedrich-Wilhelmshütte zu Mühlheim an der Ruhr für die Winderhitzungsapparate *HIK* benutzt, aus denen der erhitzte Verbrennungswind durch das Rohr *ab* entnommen wird. Der Kasten *A* ist durch eine durchlochte Platte in zwei ungleiche Theile getheilt, in deren unteren grösseren das Gas tritt. Sollte diese Luftzuführung nicht genügen, so kann noch eine weitere durch die Oeffnungen *BB* stattfinden.

Zu Hülfsfeuerungen bedient man sich der Roste. Sie erfüllen stets vollkommen den Zweck, können zugleich als Zuleiter erwärmter Verbrennungsluft benutzt werden, wenn man den Aschenfall mit regulirbaren Luftzutrittsöffnungen versieht, und lassen sich ohne Schwierigkeit unterhalb des Verbrennungsraumes, gleichgültig ob eine besondere Kammer angewendet wird oder nicht, anbringen. Ein solcher Rost ist bereits mehrfach, z. B. in Fig. 226 und 227 (S. 371) dargestellt.

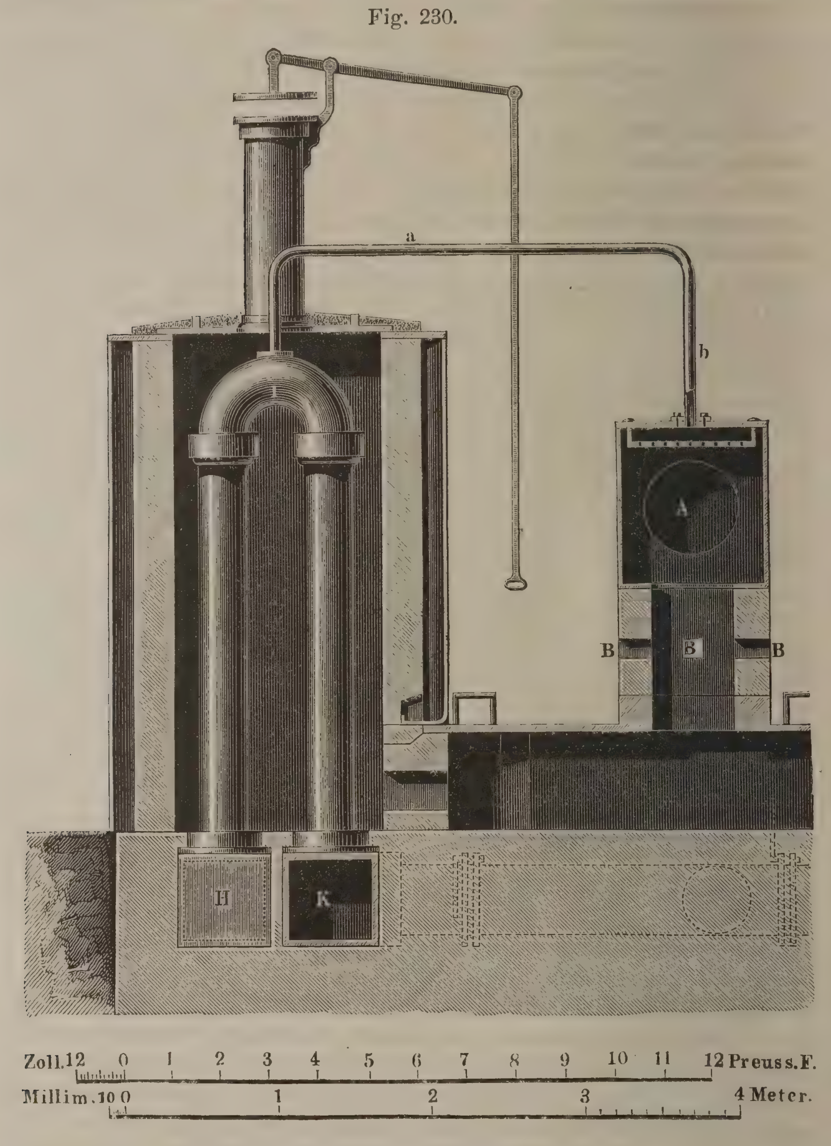
Da für den Fall von Störungen im Hochofenbetriebe, namentlich auch bei Reparaturen an der Gasleitung, eine Reservefeuerung stets nöthig ist, so legt man diese Roste gleich von der Grösse an, dass sie zur ununterbrochenen Dampferzeugung, Winderhitzung etc. ausreichen. Für gewöhnlich unterhält man auf denselben nur ein ganz schwaches von Brennmaterialabfällen genährtes Feuer, zündet dies auch zuweilen nur kurz vor dem Abstich der Hochöfen an und lässt es erlöschen, sobald der regelmässige Gang wieder eingetreten ist. Entschieden fehlerhaft ist es, den Luftzutritt zu solchen Rosten nicht verstellbar einzurichten, da die Grösse der Rostspalten (der freien Rostfläche) auf einen alleinigen Betrieb dieser Hülfsfeuerung berechnet sein muss und daher bei einem sehr schwachen Betriebe ein zu reichliches Luftquantum zugelassen wird. Die Regulirungsvorrichtungen bestehen entweder in Schiebern, welche die freie Rostfläche nach Bedarf verkleineren oder vergrösseren, oder in stellbaren Oeffnungen, welche in den Thüren des Aschenfalls angebracht sind.

---

[1]) Vergl. Sammlung von Zeichnungen für die Hütte 1867.

Bei der Vereinigung von Gasleitungen mehrerer Hochöfen sind derartige Vorsichtsmaassregeln zwar nicht so nöthig, weil der Betrieb leicht

Fig. 230.



Verbrennungskammer für Hochofengase.

so eingerichtet werden kann, dass der Gasstrom niemals ganz unterbrochen wird; indessen ist es immerhin empfehlenswerth, entweder Verbrennungskammern zur Vermeidung der Stichflamme, oder Roste als Re-

servefeuerung anzulegen, weil man dadurch auch jedem ausnahmsweise und durch Zufall eintretenden Bedürfnisse zur Selbstentzündung der Gase Rechnung trägt.

Explosionen der Gase.

Die Ableitung der Hochofengase hatte sich im Anfange ihrer Benutzung in Folge der vielfachen, oft schreckliche Verheerungen anrichtenden Gasexplosionen zahlreiche Feinde erworben, während gegenwärtig diese Explosionen der Zahl nach verringert und in ihrer Wirkung völlig abgeschwächt, jedoch immer noch nicht ganz zu vermeiden sind.

Gründe von Explosionen. Die Gasexplosionen finden entweder im Verbrennungsraume oder in den Röhrenleitungen statt. In beiden Fällen entstehen sie durch Vermischung der kohlenoxydgasreichen und wasserstoffhaltigen Hochofengase mit atmosphärischer Luft zu einem knallgasähnlichen Gemenge, welches bei seiner Entzündung stark expandirt.

Eine solche Vermischung in den Verbrennungsapparaten findet statt, wenn beim Anlassen des Gasstromes überhaupt, oder nach einer Unterbrechung, in den Verbrennungsraum oder in die zur Weiterleitung der verbrannten Gase dienenden Canäle und Räume, welche sich nach Aufhören des Gasstromes mit atmosphärischer Luft gefüllt haben, unverbrannte Gase einströmen. Wird das Gemisch nun entzündet, so explodirt es, zerstört die Apparate und kann bei Dampfkesseln eine weitere Explosion der letzteren veranlassen.

Die Vermischung in den Gasleitungsröhren dagegen kann zweierlei Gründe haben: Entweder tritt nach der Abstellung des Gasstromes in das mit kohlenoxydhaltigen Gasen angefüllte Leitungsrohr durch den Verbrennungsapparat oder die geöffnete Gicht Luft ein. Das gebildete Gemenge explodirt dann beim Wiederentzünden des Gasstromes im Augenblick des Anlassens. Oder es wird von dem Gasstrome, ohne dass er unterbrochen wird, durch undichte Nietstellen und ähnliche Oeffnungen, oder auch während der Oeffnung der Gicht durch die Rohrmündung Luft angesaugt, wenn die Pressung der Gase geringer ist als die der Atmosphäre.

In diesem Falle finden zwar keine Explosionen statt, so lange der Gasstrom mit hinreichender Geschwindigkeit in den Verbrennungsraum ausströmt. Wird aber aus irgend einem Grunde, z. B. beim Aufgeben der Beschickung, diese Geschwindigkeit verringert und namentlich das Mundstück stark erhitzt, so tritt die auch bei den gewöhnlichen Leuchtgasflammen, in Bunsen'schen Brennern u. s. w. oft beobachtete Erscheinung des Zurückschlagens ein, d. h. das im Rohre befindliche Gasgemenge entzündet sich und explodirt.

Verhütung von Explosionen. Die Gasexplosionen im Verbrennungsraume oder den dazugehörigen Canälen lassen sich stets dadurch

vermeiden, dass man die Gase niemals unentzündet ausströmen lässt. Verbrennungskammern und Hülfsfeuerungen sind daher die besten Gegenmittel, und zwar sind, wenn man über die hinreichende Aufspeicherung von Wärme in den ersteren nicht Gewissheit hat, die Hülfsfeuerungen am sichersten, weil sie nie ihren Dienst versagen. Bei der Vereinigung der Gasströme mehrerer Hochöfen ist, wie bereits erwähnt, ein Verlöschen der Gase überhaupt nur ausnahmsweise zu fürchten, und es sind daher Explosionen in diesem Falle auch ohne diese Vorkehrungen höchst selten.

Ist durch Unvorsichtigkeit oder Nachlässigkeit dennoch ein Erlöschen des Gasstromes eingetreten, also möglicher Weise bereits ein explosives Gemenge entstanden, so wird man durch fortgesetztes Ausströmenlassen der unentzündeten Gase unter Abschluss der Luftzutrittsöffnungen vorerst eine durch Reichthum an Gas nicht mehr explosive Atmosphäre erzeugen müssen, ehe man zu erneueter Entzündung schreiten darf. Namentlich ist bei Anwendung von Gebläseverbrennungsluft darauf zu achten, dass sofort das Gebläse abgestellt werde und abgestellt bleibe, bis nach Herstellung einer gasreichen Atmosphäre die Gase wieder entzündet werden können.

Gegen die Explosionen in den Gasleitungsröhren, wenn sie von einer Vermischung der Luft beim Stillstande des Gasstromes herrühren, ist ein Gegenmittel in der zweckmässigen Anordnung von Ventilen und in guter Construction der Gichtgasfänge zu suchen.

Die Luft wird in ein oben und unten geöffnetes Gasleitungsrohr beim Stillstande der Gasentziehung im Allgemeinen stets durch den Verbrennungsapparat eindringen, weil, vorausgesetzt die Leitung gehe von der Gicht zur Hüttensohle, auf dem Ende der Gasleitung eine höhere Luftsäule lastet als auf dem Anfange und, in Folge dieses Druckunterschiedes, die Gase aus der Oeffnung an der Gicht herausgedrängt werden. Schliesst man die Gasleitung nur unten ab, so wird je nach der Form und der Weite der Röhrenleitung die Vermischung langsamer oder schneller vor sich gehen. Ist nämlich die Röhrenleitung oben mit einem von der Gicht aufwärts steigenden Stücke (wie z. B. beim Langen'schen und Darby'schen Apparate Fig. 203 und 187) versehen, so wird das im höchsten Theile befindliche Gas als leichterer Körper gewissermaassen einen Abschluss bilden und die Vermengung mit der Luft nur durch allmälige Diffusion zulassen; ist dagegen das Rohr, wie bei den meisten seitlichen Gasentziehungen, einfach absteigend angeordnet, so wird um so leichter, je weiter das Rohr ist, eine Strömung entstehen, durch die Gas aus- und Luft eingeführt wird. Ein Verschluss der Röhrenleitung durch ein an ihrem oberen Anfange angebrachtes Ventil wird daher stets vorzuziehen sein. Liegt die Mündung der Gasleitung nicht über, sondern unterhalb der Oberfläche der Beschickung im Hochofen (vergl. S. 322), so ist ein Eindringen von Luft auch ohne jeden Abschluss im oberen Theile kaum zu fürchten.

Während des Betriebes dringt ferner die Luft durch alle sich dar-

bietenden Fugen der Leitung dann ein, wenn das Gas eine geringere Dichtigkeit als die atmosphärische Luft hat. So einfach als Gegenmittel hiergegen die Dichthaltung der Leitung erscheint, so schwierig erweist sich die Ausführung solcher Dichtung in Wirklichkeit. Es ist daher ein zweites Gegenmittel vorzuziehen und dies besteht darin, dem Gase eine grössere Dichtigkeit zu geben, als die der Atmosphäre ist, was (vergl. S. 328) auch viele andere Vortheile für den Betrieb bietet. Statt das Gas aus dem Ofen zu saugen, wird man es also herausdrücken müssen.

Bringt man im oberen Theile der Leitung ein Ventil an, so verbindet man dasselbe am besten so mit dem Aufgebeapparate, dass es sich beim Oeffnen der Gicht selbstthätig schliesst. Eine einfache Hebelverbindung erfüllt leicht diesen Zweck.

Mittel zur Verhütung von Nachtheilen bei Explosionen. Da auch bei Anwendung der geschilderten Vorkehrungen durch Unvorsichtigkeit der Schürer oder Aufgeber noch Explosionen stattfinden können, so muss man Mittel anwenden, um in diesen Fällen die Wirkungen möglichst abzuschwächen; dies geschieht dadurch, dass man dem Gase, sobald es eine gewisse Spannung überschreitet, freien Abzug gestattet.

Man bringt zu diesem Zwecke Sicherheitsventile an, d. h. Klappen, welche den Austritt der Gase bei gewöhnlichem Drucke hindern, ihn aber gestatten bei bedeutend erhöhtem Druck, d. h. also bei Explosionen. Diese Sicherheitsklappen werden zugleich als Verschluss der zur Reinigung der Röhren erforderlichen Oeffnungen benutzt und erfüllen somit einen doppelten Zweck [1]). Sie werden an allen Leitungstheilen angebracht, wo eine Veränderung in der Richtung des Gasstromes stattfindet. Meist lässt man das etwas verlängerte Rohr schräg abschneiden und belastet die dasselbe schon durch ihr eigenes Gewicht abschliessende Klappe noch mit verschiebbaren Gegengewichten, welche an einem doppelarmigen Hebel angebracht sind. Bei gusseisernen Röhren wird die Endigungsflansche abgedreht, bei schmiedeisernen Röhren setzt man einen abgedrehten gusseisernen Kranz auf, und legt ausserdem noch einen Filzring zwischen diesen und die gleichfalls abgedrehte Sicherheitsklappe.

Die Anordnungen solcher Sicherheitsklappen an horizontalen Röhren zeigt Fig. 212 S. 361, am oberen Ende verticaler Röhren Fig. 203 S. 348, am unteren Ende der letzteren Fig. 217 S. 364.

Die wirksamsten Sicherheitsvorrichtungen sind die offenen Wasserreiniger (Fig. 210 S. 359), welche den einzigen Nachtheil haben, dass bei einer heftigen Explosion das Wasser zum grössten Theil oder ganz herausgeschleudert und dadurch den Gasen auf einige Zeit der freie Austritt in die Atmosphäre geöffnet wird. Man hat daher Wasserhähne so anzuordnen, dass eine Neufüllung möglichst schnell erfolgen kann.

---

[1]) Vergl. S. 364.

Explosionen im Hochofen und in den Windleitungen.

Hin und wieder kommen Explosionen im Hochofen selbst und in den Windleitungen vor, welche nicht selten Leben und Gesundheit der Arbeiter beschädigen. Gerade weil solche Explosionen zu den Ausnahmen gehören, und die beim Hochofen beschäftigten Arbeiter also nicht damit vertraut zu sein pflegen, ist es nöthig, näher auf Ursachen und Gegenmittel einzugehen.

Explosionen im Hochofen selbst.

Dampfexplosionen. Es lassen sich die meisten Beispiele für Explosionen im Gestelle des Hochofens aus England [1]) anführen, wo bekanntlich ein Mangel an Vorsicht und an gehöriger Aufsicht durch kenntnissreiche Beamte häufiger angetroffen wird, als in Deutschland. Bei solchen Vorgängen werden die flüssigen Massen von Roheisen und Schlacke, zuweilen in Mengen von nahe 100 Ctrn. (5000 Kilogrm. [2]) und häufig unter Zerstörung des Wallsteins oder des Tümpelsteins aus der Oeffnung des Vorheerdes oder auch aus den Formen [3]) mit grosser Gewalt, oft mehr als 200 Meter weit, herausgeschleudert und die in der Nähe befindlichen Arbeiter getödtet oder durch Brandwunden heftig beschädigt.

Es liegt nahe, hierbei eine ähnliche Wirkung explosiver Gasgemenge anzunehmen, wie solche bei Explosionen in den Gasleitungen Thatsache ist, da Kohlenoxydgas in reicher Menge vorhanden und atmosphärische Luft zugeblasen wird. Indessen ist in den meisten Fällen die Ursache eine ganz andere. Da nämlich die Hitze in diesen Theilen des Ofens sehr gross ist, so ist auch dem Kohlenoxydgase immer Gelegenheit zur Selbstentzündung geboten, sobald demselben Sauerstoff zugeführt wird, und es kann daher unter gewöhnlichen Umständen kein explosives Gemenge entstehen, da dessen Bildung stets einen Mangel an augenblicklicher Verbrennung voraussetzt.

Der Grund ist vielmehr in den bei weitem meisten Fällen in einer plötzlichen Dampfentwickelung zu suchen, welche dieselben Wirkungen wie bei einer Dampfkesselexplosion äussert.

---

[1]) Percy führt aus dem Jahre 1857 eine Explosion von der Mill-Fields-Hütte bei Bilston auf, eine aus 1859 von Corbins Hall bei Kingstonford in Südstaffordshire, bei der zwei Arbeiter getödtet wurden, zwei aus 1860, die eine auf den Hickman'schen Hochöfen bei Bilston in Südstaffordshire mit Tödtung zweier Arbeiter und eine zu Dundyvanhütte bei Coatbridge in Schottland mit Tödtung zweier Arbeiter, sowie eine aus 1861 zu Heyford-Hütte bei Weedon in Northamptonshire, bei der ein Arbeiter seinen Tod fand. — [2]) Z. B. 1860 zu Bilston. — [3]) Z. B. 1867 zu Königshütte in Oberschlesien.

Diese plötzliche Dampfentwickelung wird aber ihrerseits wieder durch das Undichtwerden von Wasserkühlungen, welche am unteren Theil des Ofens angebracht sind, hervorgerufen und namentlich ist das Leckwerden der Wasserformen sehr oft der nachweisbare Grund für das Eindringen von Wasser in den Ofen.

Es ist allerdings von Praktikern darauf hingewiesen worden, dass das Leckwerden (Leakage) der Wasserformen zu häufig eintrete, ohne Explosionen im Gefolge zu haben, um es als directe Ursache der letzteren ansehen zu können. Director Menelaos zu Dowlais-Hütte sagt z. B. in einem Schreiben an Dr. Percy [1]): „Lecke Formen (leaky twyers) sind ganz gewöhnlich, und das Wasser aus denselben läuft zuweilen unter dem Tümpel ganz harmlos hervor, ohne Explosionen zu verursachen ..... Selbst wenn alle Formen lecken, was zuweilen in Folge von Absperrung des Wassers für eine kurze Zeit der Fall ist, wird (ohne andere hinzutretende Umstände) keine Explosion stattfinden ..... Wir haben bei unseren zahlreichen in Betrieb befindlichen Hochöfen oft den Fall, dass das Eisen bis über die Formen steigt und dass dabei eine Form leckt, aber es giebt kein Beispiel einer Explosion zu Dowlais aus diesem Grunde, obwohl wir in Folge von Wassermangel im Sommer und in Folge der schmutzigen Beschaffenheit des Wassers unglücklicherweise oft lecke Formen haben. — Könnte eine Explosion möglicher Weise durch eine selbst beträchtliche Menge Wasser, welche unter Druck sich in den Ofen ergiesst, hervorgebracht werden, so würden wir sicherlich jeden Monat welche haben.“

Menelaos giebt zwar zu, dass die Ursache der Explosionen in einer plötzlichen Dampfentwickelung zu suchen sei, behauptet aber, dass ausserdem noch besondere Bedingungen hierbei thätig sein müssten, und leitet diese aus leichter bei anderen Eisenhüttenprocessen, namentlich beim Feinen des Roheisens zu beobachtenden Thatsachen folgendermaassen ab:

„Wir [2]) glauben,“ schreibt er, „dass eine Explosion dann erfolgt, wenn der Formenrüssel nass ist, abfällt und in die geschmolzenen Massen sinkt, oder wenn in Folge einer Ofenversetzung irgend ein nasser Gegenstand unter die Oberfläche des geschmolzenen Roheisens getaucht wird. — Wenn bei dem Aufgiessen von Wasser auf Eisen [3]) sich in dem Wassereimer ein kleines Stückchen Schlacke befindet, so veranlasst dasselbe eine mehr oder minder heftige Explosion, oft mit tödtlichen Folgen für die Arbeiter. Das benetzte Stück nämlich wird durch die Stärke des Wasserstromes unter die Oberfläche des Eisens geführt und veranlasst die Explosion. Ebenso ist es auch mit einer nassen Brechstange, welche in geschmolzenes Eisen getaucht wird [4]). Die Arbeiter, welche dies wohl wissen, spülen ihre Eimer sehr sorgfältig aus, um ganz reines Wasser zum Aufguss auf

[1]) S. 523 und 524 des Originals. — [2]) Er und seine Hochofenmeister. — [3]) Auf das abgestochene gefeinte Eisen oder auf Eisen im Puddelofen. — [4]) Beim Abstich der Hochöfen wird hierdurch zuweilen ein Herumschleudern des flüssigen Eisens herbeigeführt.

das Eisen zu erhalten. Nichts desto weniger kommen — namentlich bei den Feinfeuern — oft noch Explosionen vor, und erst vor wenigen Jahren wurden auf unserem Werke dabei zwei Menschen getödtet. — Bei einer einfachen Oeffnung der Wasserform (durch plötzliches Fortbrennen des Rüssels) wird keine Explosion veranlasst werden, wenn nicht ein Theil des nassen oder feuchten Materials derselben unter die Oberfläche des Eisens geräth. Es ist freilich schwierig, zu begreifen, wie ein kleines Stück nasser Schlacke oder nassen Eisens, welches unter die Oberfläche des geschmolzenen Eisens geräth, so heftige Explosionen, wie zuweilen stattfinden, veranlassen kann, aber nach unserer Erfahrung von dem Feinen her kann kein Zweifel über die Richtigkeit dieser Annahme bleiben."

Wenn freilich in Deutschland glücklicher Weise die Hochofenmeister ein Lecken der Formen in diesem Grade niemals zulassen werden, und daher Beobachtungen über die Menge des Wassers, welche eine Explosion veranlasst, hier schwieriger anzustellen sind, so darf doch nach den vorhandenen Erfahrungen Folgendes als die richtige Ursache angenommen werden:

Leckt eine Form in geringem Maasse, d. h. fliesst das Wasser nur tropfenweis aus, so wird jeder Tropfen einfach in Dampf verwandelt werden, ohne eine Explosion zu verursachen, so lange der Dampf Gelegenheit zu seiner Ausdehnung findet. Gewöhnlich wird hierdurch in unmittelbarer Nähe des Lecks so viel Wärme gebunden, dass sich Schlacke und Eisen (letzteres oft in Form von kohlenstoffarmem, stahlartigem Eisen) als feste Kruste anlegen und bald den Riss schliessen. Zuweilen können kleine Wege hinter dieser Kruste offen bleiben, und dann mag das Wasser, auch wenn der Riss sich erweitert, ruhig unter dem Tümpel ausfliessen können. Die geringe Menge des in kurzen Intervallen sich bildenden Dampfes findet ihren Weg mit den Gasen aufwärts durch die lockere Beschickung und die Gase müssen in solchen Fällen reich an Wasserstoff sein.

Die Bedingung zu einer Explosion wird dagegen stets gegeben sein, wenn der Dampf sich nicht hinreichend ausdehnen kann, und dies kann in zwei Fällen geschehen: erstens, wenn sich plötzlich eine grosse Menge Wasser in den mit flüssigen Massen angefüllten Hochofen ergiesst, zu gross, als dass der daraus entwickelte Dampf einen hinreichend schnellen Abzug durch die darüber liegende Beschickung finden könnte, und zweitens, wenn auch bei einer kleinen Menge Dampf die Abzugswege durch flüssige Massen ganz versperrt sind. Ersteres findet statt, wenn die Wasserform plötzlich ganz, sei es durch Abschmelzen, sei es durch Abbrechen, geöffnet wird und so dem durchfliessenden oder neu zutretenden Wasserstrome ungehinderten Eingang in den Hochofen gestattet. Indessen erfolgt auch in diesem Falle nicht stets eine Explosion. Ist nämlich im Ofen nur wenig flüssiges Eisen vorhanden, der übrige Raum bis zu den Formen aber, sei es mit Koks, sei es mit Schlacke gefüllt, so verdampft

auch eine grössere Menge Wasser an der grossen Oberfläche der Koksstücke oder an den Rändern der sich aufblähenden und blasenbildenden Schlacken allmälig und bewirkt nur eine Abkühlung und zuweilen geradezu ein Ersaufen des Ofens. Ist der Ofen dagegen bis zum Formenniveau mit Eisen gefüllt und liegt namentlich wenig Schlacke über dem Eisen, so tritt auf der Oberfläche des letzteren eine sehr plötzliche Dampfentwickelung, wohl unter gleichzeitiger Zersetzung des Wassers, ein. Daher erklärt es sich auch, dass die meisten Explosionen nachweislich kurz vor dem Abstich erfolgen.

Dem Dampfe wird aber zweitens, selbst wenn er sich aus geringen Mengen Wassers bildet, der Abzug verschlossen, falls die Dampfentwickelung unter der Oberfläche des geschmolzenen Eisens vor sich geht, und insoweit hat Menelaos vollständig Recht, wenn er behauptet, dass Explosionen durch einfaches Eintauchen nasser Körper in flüssiges Eisen hervorgerufen würden. Man kann ausser den von ihm selbst angeführten Beweisen noch mancherlei andere Erfahrungen über die ganz verschiedene Wirksamkeit des frei abziehenden und des eingeschlossenen Wasserdampfes beibringen, so z. B., dass das Eisen sich in Wasser granuliren lässt und dabei, ungeachtet die Wasserstoffflammen auf der Oberfläche spielen, keine Explosion veranlasst, während doch ein einziger Tropfen Wasser auf einer Coquille beim Guss der Gänze ein Umherwerfen des flüssigen Roheisens veranlasst; ebenso dass man Eisen ohne explosive Wirkung in ganz nassen Sand giessen kann, während andererseits eine frisch gelehmte Giesskelle, in den Vorheerd oder Schöpfheerd eines Hochofens getaucht, die ganze Eisenmasse herausschleudert. Ueberall lässt sich dieselbe Erklärung anwenden. Hat der Dampf freien Abzug (durch das Wasser im ersten, durch den Sand im zweiten Falle), so findet keine Explosion statt; wird er durch flüssiges Roheisen (gleichsam die Wandung eines Dampfkessels) zurückgehalten, so schleudert er das Hinderniss, welches ihm den geringsten Widerstand darbietet, also hier das flüssige Roheisen, fort.

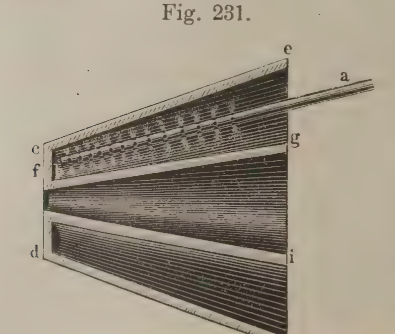
Am gefährlichsten ist daher auch ein Leckwerden des Wassertümpels, da hier das Wasser in den meisten Fällen direct unter die Oberfläche des flüssigen Eisens gelangt.

Gründe des Leckwerdens der Formen. Die Gründe für das Leckwerden der Formen werden zugleich die Mittel zur Vermeidung derartiger Explosionen an die Hand geben. Der häufigste Grund ist Wassermangel. Gerade wie bei einem Dampfkessel Wassermangel, Glühendwerden der Wandungen und plötzliche Verdampfung beim Einpumpen frischen Wassers die gewöhnlichsten Ursachen von Zerreissungen der Bleche sind, so auch bei den Wasserformen. Ein Wassermangel kann aber eintreten durch Nachlässigkeit, in Folge derer der Wasserstrom ganz zu fliessen aufhört, oder durch Verstopfung des Wasserweges, sei es in Folge mechanischer Verunreinigung des Wassers, sei es durch Kesselsteinablagerung. Während des Wassermangels wird das Maul glühend

und schmilzt sogar ab, wenn die Form aus Gusseisen oder Bronze war. Bei dem nach Abstellung der Hindernisse erfolgenden erneueten Wasserzuflusse tritt nun eine plötzliche Dampfentwickelung ein; die Form wird zersprengt und das Wasser ergiesst sich in den Ofen. Ein Aufhören des Wasserstromes durch Nachlässigkeit der Arbeiter ist mittelst scharfer Controle oder Androhung von Strafen, eine Verstopfung des Wasserweges durch Unreinigkeiten im Wasser aber mittelst vorheriger Reinigung des Wassers durch Siebe, welche an irgend einem Theil der Wasserleitung angebracht sind, zu vermeiden. Dagegen giebt es kein ausreichendes Gegenmittel gegen den Absatz von Kesselstein. Bei gyps- oder kalkreichen (z. B. entsäuerten Gruben-) Wässern muss man daher häufig die Menge des bei gleichem Druck durch die Form fliessenden Wassers controliren, und wenn diese sich bedeutend verringert, die Form auswechseln.

Um den Nachtheil zu beseitigen, den eine Explosion der gleichsam als Dampfkessel wirkenden Wasserform schon an sich hervorbringt, hat Bergrath Teichmann, Director der königl. Friedrichshütte bei Tarnowitz, Formen vorgeschlagen und bei Bleiöfen angewendet, welche nach aussen gar nicht verschlossen sind und daher den nebenstehenden Durchschnitt (Fig. 231) haben. Durch das Rohr ab wird beständig gegen die Rüsselwand cf Wasser gespritzt und ebenso durch kleine Oeffnungen gegen den vorderen Theil der Wandungen ce und fg. Das Wasser fliesst an allen Theilen der Form herunter und am tiefsten Punkte bei h aus. Die Controle für das richtige Wasserquantum ist indessen bei dieser Einrichtung weit schwieriger und dürfte daher bei grösseren Anlagen, wo man sich so viel wie möglich vom Arbeiter unabhängig machen muss, kaum Verbreitung finden. Schliesst man, um keine ganz geschlossene Form zu haben, nur den unteren Theil der Form hi, so entbehrt man den Vortheil, das Wasser mit Druck (beliebiger Geschwindigkeit) durch die Form treiben zu können.

Fig. 231.



Teichmann's Form.

Ein weiterer Grund für das Leckwerden der Formen ist in der ungleichförmigen Ausdehnung ihrer Theile bald nach dem Einsetzen zu suchen, da der Rüssel von aussen einer viele hundert, von innen einer nur wenige Grade betragenden Temperatur ausgesetzt wird. Blasige Gussstellen bei gegossenen, schlechte Schweissstellen bei schmiedeisernen Formen tragen natürlich zur Vergrösserung dieses Uebelstandes bei. Im Allgemeinen sind gusseiserne Formen derartigen Verletzungen am meisten ausgesetzt und geben gewöhnlich sofort starke, sich immer erweiternde Risse, während bronzene und schmiedeiserne (auch gusseiserne

mit schmiedeisernem Rohr versehene) Formen allmälig reissen und daher zu einem tropfenweisen, meist unschädlichen Austritt des Wassers Veranlassung geben.

Ein dritter Grund des Formenleckens liegt in Beschädigung der Formen durch die im Hochofen befindlichen Massen. Wenn, was häufig geschieht, die Formenrüssel frei in das Innere des Ofens ragen, so gleiten über sie die an den Wänden niedersinkenden Materialien und reiben sie ab [1]). Zuweilen veranlasst auch das plötzliche Niedergehen von Massen [2]), welche sich in höheren Theilen des Ofens angesetzt hatten, die Zerstörung der Form. Das zu hohe Aufsteigenlassen des im Ofen angesammelten flüssigen Eisens, sowie das Anwachsen der auf der Sohle sich anlagernden wenig gekohlten Eisenmassen (der Sau) bringt ähnliche Erscheinungen hervor.

In Bezug auf die beiden letzteren Gründe führt Menelaos [3]) allerdings an, Roheisen steige oft über die Formen, ohne sie zu verletzen; auch seien ihm Fälle des Aufwachsens der Sohle (*rising of the hearth*) bis über die Formen vorgekommen, so dass zur Erhaltung des Betriebes eine höhere Formenreihe hätte eingelegt werden müssen, und dennoch habe man nach Wiederabschmelzen der Sohle die ersten Formen unbeschädigt vorgefunden. Das Aufsteigen des Roheisens und das Anwachsen der Sohle bis über die Formen sind übrigens Dinge, welche bei einem gut geleiteten Hochofen nicht vorkommen dürfen und bei gehöriger Aufmerksamkeit des Betriebsbeamten stets zu vermeiden sind.

In allen solchen Fällen sind gusseiserne Formen am schlechtesten, da sie, wenn die Verletzung einige Tiefe erreicht, leicht ganz zerspringen. Im Uebrigen kann über die Dauer der Formen allein die praktische Erfahrung zum Anhalte dienen.

Eigentliche Gasexplosionen. Während die meisten der in Hochöfen vorkommenden Explosionen Wasserdämpfen zuzuschreiben sind, so treten doch zuweilen auch eigentliche Gasexplosionen auf.

Sauvage [4]) berichtet von fünf Explosionen in Hochöfen des Ardennen-Departements in Frankreich, von welchen er zwei genauer beschreibt. Die eine fand auf einer Hütte bei Mézières statt, die andere zu Fade in demselben Bezirke.

Die erste trat eine halbe Stunde nach dem Abstich ein. Unter starker Detonation drangen Gase, Schlacken und Eisen aus dem Vorheerde und tödteten zwei Arbeiter, drei andere wurden stark verletzt. Der Ofen ging vorher sehr unregelmässig, und es fand häufig ein plötz-

---

[1]) Lange gebrauchte Formen zeigen oft auffallende Regelmässigkeit in ihrer Abnutzung, meist ziemlich scharfe, der Rüsselfläche parallele Einschnitte, welche auf der Oberkante der Form am tiefsten sind und sich nach den Seiten zu allmälig verflachen, am unteren Rande aber ganz fehlen. — [2]) So z. B. zu Dundyvan 1860. — [3]) In dem bereits citirten Briefwechsel mit Percy. — [4]) Ann. des Min., 3. sér. 19, p. 167, 1841.

liches Niederstürzen der Massen im Hochofen statt, worauf dann ein Gasstrom aus der Gicht drang. Man pflegte durch mehrere über einander gelegene Stichöffnungen das Eisen nach und nach aus dem Ofen zu lassen. Das Eisen floss gut aus der mittleren und unteren Oeffnung. Als man die mittlere schliessen wollte, trat noch einmal ein Eisenstrom aus. Als man eine Viertelstunde später neue Gichten gab, bemerkte man aus Spalten am ganzen Hochofengemäuer, auch neben der Form, blaue Flammen dringen. Die Form wurde dunkel, und als der Hochofenmann sie mit seiner Brechstange reinigen wollte, kam ihm ein starker Strom entgegen. Er eilte zur Schütze, um das Gebläse abzustellen, als die Explosion erfolgte.

Zu Fade, wo, wie auf den meisten Hochöfen dortiger Gegend, neben Holzkohlen gedörrtes Holz als Brennmaterial angewendet wurde, ging der Hochofen unregelmässig und die Gichten sanken schneller nieder, als man neue aufgeben konnte. Eine Minute vor der Explosion fand ein Auswurf aus der übrigens stets offenen Form statt. Die Gase, welche den Winderhitzungsapparat umgaben und welche von der Gicht längs des Windrohres bis nahe zur Form liefen, explodirten, und ein Gasstrom entwich unter dem Tümpel. Der Winderhitzungsapparat war erst kurz zuvor reparirt und wenige Tage wieder in Thätigkeit. Darauf begannen Auswürfe aus der Gicht, welche etwa zwei Minuten dauerten. Der Ofen wurde dadurch fast ganz geleert. Zugleich drangen blaue Flammen aus den Canälen und Rissen im Mauerwerk.

Als Grund nahm man in beiden Fällen an, es sei in Folge unregelmässigen Niederganges der Gichten eine Quantität unverkohltes Holz plötzlich in einen viel heisseren Theil des Ofens gelangt, aus demselben habe sich dann mit einem Male eine grosse Masse Gas entwickelt, und dieses, eingeschlossen in den teigigen Materialien des Ofens, durch Expansion die Explosionen herbeigeführt.

Eine andere Explosion fand auf dem Hochofen zu Vanvey im Côte-d'Or in Frankreich statt [1]). Hier wurde Holzkohle als Brennmaterial angewendet, und das Gas durch eine Vorrichtung entzogen, welche zu einem ungleichartigen Niedergange von Erz und Brennmaterial und daher zu einem Kippen der Gichten [2]) Veranlassung gab. Nach andauernder Unregelmässigkeit in dem Gange dieses Hochofens, welche sich durch häufige Ungleichförmigkeiten im Herabsinken der Gichten und grosse Verschiedenheiten in der täglichen Production kund gab, wurden plötzlich Roheisen und Schlacke, welche den Heerd füllten, mit grosser Gewalt aus dem Vorheerde geschleudert. Drei Arbeiter, welche den Abstich vorbereiteten, wurden stark beschädigt, einer starb. Man schrieb den Unfall dem plötzlichen Niederfall einer hängengebliebenen Masse von Materialien zu.

Wenn man auch bei dem letztangeführten Falle in Zweifel sein kann,

---

[1]) Ibid. pag. 179. — [2]) Siehe folgenden Abschnitt.

ob nicht eine rein mechanische Verdrängung der flüssigen Massen aus dem Heerde durch plötzliches Niederfallen von Klumpen zusammengesinterter Erze oder ähnlicher Massen stattgefunden habe, so sind doch die beiden anderen Fälle wohl wirklichen Gasexplosionen zuzuschreiben. Der Berichterstatter führt allerdings an, dass die Erklärung der Explosionen durch plötzliche Dampf- und Gasentwickelung aus einzelnen Holzstücken mehr Wahrscheinlichkeit für sich habe, als die Annahme, dass durch Hängenbleiben der Gichten im Innern des Ofens Hohlräume entstanden seien, in welchen sich durch Ansammlung von unverbranntem Kohlenoxydgas und Hinzutritt von Luft ein explosives Gemisch gebildet habe; denn diese Mischung hätte doch vor der Entzündung sich vollziehen müssen und dann nur eine plötzliche Explosion, nicht aber deren mehrere hintereinander veranlassen können. Dies kann indessen nicht ganz zugegeben werden; denn die Luft konnte bei Mangel an glühenden Kohlen vor den Formen (die Formen waren ja dunkel) unzersetzt aufsteigen und sich mit den Hochofengasen mischen. Bei plötzlichem Niedergang der Gichten wurde das Gasgemenge erst in heisse Theile mitgerissen und explodirte dann, so oft ein mit demselben gefüllter Hohlraum zerstört wurde. Aehnliche Explosionen, obwohl nicht in so starkem Maasse, kommen bei Unregelmässigkeiten des Ofengangs öfter vor, bei regelmässigem Niedergang der Gichten hat man sie dagegen niemals zu fürchten.

Die Gegenmittel gegen Explosionen im Hochofen sind daher wesentlich in einem geordneten Ofengange zu suchen und werden in dieser Beziehung erst durch das folgende Capitel vollständig erläutert werden.

Nicht ganz unberücksichtigt darf man übrigens den Umstand lassen, dass bei der Anwendung der Regenerator-Winderhitzungsapparate auch wohl eine Mischung von Heizgas und Luft schon in der Windleitung entstehen und dann in den Hochofen geblasen werden kann, während bei den üblichen Constructionen der übrigen Winderhitzungsapparate ein Vermischen unverbrannter Gase mit der Luft in den Röhren selbst bei Undichtigkeiten deshalb nicht zu fürchten ist, weil die Pressung des Windes immer eine höhere als die der Heizgase ist.

Explosionen in der Windleitung.

1859 fand auf Earl Granville's alter Eisenhütte, auf der Etruria-road in Hanley, eine heftige Explosion statt. Während die Arbeiter einen der Hochöfen abstachen, wurde die Maschine, welche den Wind durch den Erhitzungsapparat für die Oefen lieferte, angehalten. Man vergass entweder das Ventil, welches den Erhitzungsapparat und Regulator von den Düsen absperrt, zu schliessen, oder dasselbe war nicht in Ordnung, kurz die Gase, welche sich im Hochofen angesammelt hatten, drangen durch Röhrenleitung und Ventil bis in den Regulator und explodirten, als sie im Erhitzungsapparat heiss wurden, mit schrecklicher Gewalt. Der Regulator und ein Theil der Maschine wurden fast zu Atomen zerschmettert und

Bruchstücke derselben in allen Richtungen viele hundert Meter fortgeschleudert; das dreistöckige Maschinengebäude wurde bis zu seinen Fundamenten erschüttert und ein Theil der Wandungen und des Daches zerstört. Man hörte die Explosion eine halbe Meile weit, und die Erde bebte in der Nachbarschaft [1]).

Von Dowlais-Hütte berichtet der Director Menelaos [2]), dass die Arbeiter angewiesen seien, beim Anhalten der Gebläsemaschine sofort die Düsen aus den Formen zu ziehen, um alle Communication zwischen Windleitungen und Ofen abzuschneiden, dass aber, wenn dieser Anordnung nicht Folge geleistet werde, stets eine Explosion in Folge des Zurücktretens der Gase befürchtet werden müsse, wie denn auch in der That in Dowlais durch diese Versäumniss innerhalb 10 Jahren zwei Regulatoren, ein Strang von 5 füssigen Röhren zerstört, der Cylinderdeckel einer 12-füssigen Gebläsemaschine abgeworfen und ein Theil der Maschine beschädigt worden sei. Es seien zur Verhinderung der Folgen solcher Explosionen in die Hauptwindleitungen in Abständen von wenigen Fussen Löcher von circa 6 Zoll (16 Cent.) Durchmesser gehauen worden, welche mit Ventilklappen versehen seien. Diese Ventile öffneten sich nach innen, sobald die Gebläsemaschine zu gehen, also auch die Windpressung aufhöre. Trotz alledem kämen noch immer zuweilen kleine Explosionen vor.

Diese Angaben bedürfen nur weniger Zusätze. Veranlasst werden solche Explosionen stets durch Zurücktreten der Hochofengase, welche ja in der Nähe der Form vorwiegend aus Kohlenoxyd bestehen, in die mit Luft angefüllte Windleitung während des Stillstandes der Gebläsemaschine und die Entzündung des explosiven Gemenges. Die Entzündung findet fast immer in den Winderhitzungsapparaten, selten durch Rückschlag vom Hochofen aus beim Wiederanlassen des Gebläses statt.

Das Herausziehen der Düsen aus den Formen beim Abstellen des Gebläses, welches wie in Dowlais, so auch auf vielen anderen Hüttenwerken als Schutz gegen derartige Explosionen vorgeschrieben wird, ist ebenso lästig als zeitraubend, ja zuweilen unausführbar, da man bei neueren Hochöfen die Düsen oft gar nicht beweglich anlegt. Einfacher ist der Verschluss der Düsen durch Ventile, welche ohnedies an jeder Düse angebracht sein müssen. Da ein solcher Abschluss indessen bei dem regelmässigen Abstellen des Gebläses zur Abstichzeit zwar rechtzeitig geschehen, bei unvorhergesehenen Unterbrechungen, z. B. Brüchen an der Gebläsemaschine, aber leicht übersehen oder zu spät ausgeführt werden kann, so ist es am zweckmässigsten, in der Windleitung zwischen Winderhitzungsapparat und Düse wenigstens ein nur durch den Druck des Windes geschlossen gehaltenes Ventil einzuschalten. Ein solches Ventil lässt sich zudem in Form einer um ein horizontales Charnier drehbaren Klappe in einem der Leitung eingefügten besonderen Kasten leicht so anbringen, dass dasselbe, sobald es beim Abstellen des Windes sich öffnet, d. h. sobald es aus der

---

[1]) Times, 25. Mai 1859. — [2]) In dem Briefwechsel mit Percy.

horizontalen Lage in eine verticale Stellung übergeht, zugleich die Fortsetzung der Windleitung verschliesst. Es können dann die Gase aus der nunmehr unverschlossenen Oeffnung ins Freie austreten, und nicht weiter rückwärts in die Winderhitzungsapparate gelangen.

Vergiftung durch Hochofengase.

Hochofengase sind nicht athembar, da kein freier Sauerstoff darin vorkommt; aber sie enthalten auch wirklich giftig wirkende Bestandtheile, nämlich Kohlenoxyd und theilweise Cyan.

Bei dem gewöhnlichen Gange eines Hochofens kommt es zwar nicht vor, dass Arbeiter in diesen Gasen beschäftigt sind, zuweilen aber entweichen die Gase an Stellen, wo man es nicht erwartet, und führen bei längerem Aufenthalte darin den Tod, bei kürzerem Verweilen aber Uebelkeit, Kopfschmerz und ähnliche Krankheitserscheinungen herbei.

Im Jahre 1853 ereignete sich eine derartige Vergiftung in England auf der zwischen Rotherham und Barnsley gelegenen Elsecar-Eisenhütte. An einen der Hochöfen dieses Werkes grenzt eine Reihe Arbeiterhäuser, deren letztes, dem Hochofen zunächst gelegenes von einer 53jährigen Frau, ihrer 19jährigen Tochter und ihren 15- und 12jährigen Söhnen, sowie von einem 48jährigen Einlieger bewohnt wurde. Bis auf den 12jährigen Sohn Benjamin, welcher auf der Hütte beschäftigt war, fanden alle Hausbewohner den Tod durch Hochofengase in ihren Betten.

Als dieser Benjamin von der Nachtschicht nach Hause kam, fand er seine Angehörigen todt, die Räume aber mit weissem Dampf und dem Geruche nach Schwefel angefüllt. Auf die Hülferufe des unglücklichen Knaben eilten mehrere Personen herbei und bemerkten noch weissen Dampf durch Spalten in der Wand des Hauses eindringen. Diese Wand stiess theils direct, theils durch ein Gewölbe getrennt, an den Hochofen, übrigens aber lag das Niveau, auf welchem das Haus stand, 20 Fuss über dem des Hochofens.

Bei der gerichtlichen Untersuchung nahm der zugezogene Chemiker Haywood von Sheffield Vergiftung durch Cyankalium an, theils aus dem Geruche schliessend, welchen der aus einer Spalte des Hochofens durch die Risse des Hauses eindringende Dampf zeigte, theils weil brennbare Gase, wären diese die Ursache gewesen, an dem alle Nächte im Hause brennenden Feuer sich entzündet haben müssten. Dieser Ansicht schloss sich auch die Jury an. Anderer Ansicht war der Arzt Dr. Taylor [1]). Er nahm Vergiftung durch Kohlenoxyd in Verbindung mit dem Stickstoff der ihres Sauerstoffs beraubten Luft an, und zwar aus dem Grunde, weil Cyankalium, welches sich nur in den unteren Theilen des Hochofens bilde,

---

[1]) Medical Jurisprudence by Alfred S. Taylor, M. D., F. R. S., 2nd ed. p. 715.

nur bei Weissgluth flüchtig sei und daher nicht mit fortgeführt werden könne, ohne sich zu condensiren. Dem lässt sich indessen entgegensetzen, dass, wie aus zahlreichen Fällen [1]) bekannt ist, auch feste Salze im fein vertheilten Zustande weit fortgeführt werden.

Andererseits ist auch gegen den von Haywood geführten Beweis einzuwenden, dass selbst Luft, welcher so wenig Kohlenoxydgas beigemengt ist, dass darin noch ein Licht ruhig fortbrennt, tödtlich wirken kann.

Die von Aerzten in dieser Beziehung angestellten Versuche beweisen solches hinlänglich. Dr. Christison's Experimente an Menschen [2]) zeigten, dass das Einblasen von Sauerstoff in die Lungen das beste Gegenmittel sei. Nach Leblanc zerstört Luft mit 4 bis 5 Proc. ihres Volumens an Kohlenoxyd sofort, solche mit 1 Proc. nach etwa zwei Minuten das Leben eines Sperlings. Plötzliche Entfernung aus dieser Atmosphäre in frische Luft führt, wenn sie im Augenblicke des scheinbaren Todes erfolgt, meist wieder Leben zurück, obwohl oft noch mehrere Stunden die Symptome des Starrkrampfes andauern [3]).

Leblanc fand, dass eine durch Verbrennung von Holzkohle tödtlich gewordene Luft dem Gewichte nach zusammengesetzt war aus

Kohlenoxyd	0,54
Sumpfgas	0,04
Kohlensäure	4,61
Sauerstoff	19,19
Stickstoff	75,62
	100,00.

In solcher Luft fiel ein Hund in 10 Minuten nieder und starb in 20 Minuten, obwohl eine Kerze mit unverminderter Helligkeit darin brannte und erst 10 Minuten nach dem Tode des Thieres verlosch. Leblanc schrieb übrigens in diesem Falle der Kohlensäure den grössten Einfluss zu. Nach Bernard's Erfahrungen [4]) ist bei Vergiftung der Luft durch Verbrennung von Holzkohle Kohlenoxyd das wesentlich lebenzerstörende Agens.

Man sieht also, wie gefährlich in allen Fällen die selbst in geringer Menge der Luft beigemengten Hochofengase wirken müssen, auch dann, wenn sie kein Cyankalium, sei es flüchtig, sei es mechanisch mitgeführt, enthalten, und zwar dass sie schädlich wirken nicht nur durch ihren Mangel an freiem Sauerstoff, sondern als directes Gift.

Wir führen noch einige Beispiele von derartigen Vergiftungen an:

---

[1]) Im Laboratorium Natronreactionen aller Flammen beim Verbrennen von Natrium an irgend einer Stelle, Forttragen des Seesalzes auf weite Strecken ins Land u. s. w. — [2]) A Treatise on Poisons. By Robert Christian, M. D., Dublin 1836. — [3]) Recherches sur la composition de l'air confiné. Par M. Félix Leblanc, Annal. de Chim. et de Phys. 3, s. p. 239, 1842. — [4]) Leçons sur les Effets des Substances Toxiques et Médicamenteuses. Par M. Claude Bernard, Membre de l'Institut de France 1857, p. 157.

Der bekannte Ingenieur der Dowlais-Eisenhütte, Truran, verlor sein Leben auf folgende Weise:

Vor den alten Hochöfen daselbst befindet sich eine Schlackenhalde (*Cinder-tip*) aus frühester Zeit. Durch dieselbe wurde ein grosser Canal von Ziegeln für die Gichtgasleitung gebaut, da ein solcher sich als billiger wie eine Röhrenleitung herausstellte. Truran's Bureau war über dieser alten Schlackenhalde, etwa 10 bis 15 Meter seitwärts von dem neuen Canale gelegen. Wenige Tage, nachdem das Gichtgas durch den Canal geleitet worden war, ging Truran in sein Bureau. Als er am Abend nicht nach Hause kam, suchte man ihn auf und fand ihn im Bureau, offenbar beim Ansehen von Zeichnungen vom Stuhle gefallen, todt am Boden. Der Geruch nach Gas war deutlich wahrnehmbar, und die Atmosphäre des Bureaus so unangenehm, dass die hinzugerufene Jury schnell wieder ins Freie eilen musste. Da die Puddelwerke etc., zu welchen das Gas geleitet wird, unter dem Niveau der Hochöfen liegen, so stand das Gas in den Canälen unter beträchtlichem Druck und entwich ohne Zweifel durch das neue Mauerwerk und die lockeren Schlacken ins Bureau, obschon sich dort wenig oder gar keine Risse zeigten.

Nach Sandberg sind in Schweden mehrfache Fälle von Vergiftungen vorgekommen, unter anderen ein Fall zu Ed in Småland im Jahre 1856. In Folge eines schadhaft gewordenen Ventils entwich unverbranntes Gas aus der Gicht eines mit Gichtgas betriebenen Röstofens. Einer der Aufgeber wurde davon betäubt und fiel sammt seinem Gefässe in den Ofen, ein zweiter Aufgeber, der dies nicht bemerkt hatte, entlud seinen Karren noch auf jenen, wurde aber gleichfalls vom Gase betäubt und todt an der Gicht gefunden. Ein dritter wurde zwar auch davon afficirt, genas aber in Folge schleunigen ärztlichen Beistandes.

Man soll daher besonders darauf achten, dass bei Apparaten, in welchen zur Heizung Gase verwendet werden und an welchen Arbeiter beim Ausgange der benutzten Gase beschäftigt sind, z. B. also bei Rostöfen, Kalkbrennöfen u. dergl. m., niemals unverbrannte Gase entweichen, und schon aus diesem Grunde ist es nothwendig, an der Hochofengicht Abzüge für überschüssige Gase anzubringen, welche zudem auch für die Beleuchtung der Gicht bei Nachtzeit dienen können.

Den Gichten der mit Gasfängen versehenen Hochöfen entströmt beim Oeffnen und Aufgeben unverbranntes Gas, welches die Aufgeber oft betäubt. Das Gas muss daher, wenn man nicht eines beständigen Abzuges sicher ist, beim Oeffnen des Verschlusses stets angezündet werden, obschon ein solches Verfahren im Uebrigen für die Gasentziehungsapparate nicht vortheilhaft ist.

Kennzeichen und Gegenmittel gegen Vergiftungen durch Hochofengase.

Da trotz aller Vorsichtsmaassregeln durch unvorhergesehene Unfälle Vergiftungen durch Hochofengase vorkommen können, ist es nothwendig, dass der Hüttenmann wisse, wodurch die Vergiftung entstanden und welche Gegenmittel er anzuwenden habe, falls der Tod noch nicht eingetreten ist. Wir theilen deshalb über die Symptome und die Gegenmittel bei Vergiftungen durch die beiden wesentlichsten Gifte in den Hochofengasen, Kohlenoxyd und Cyankalium, folgende durch die Güte des Herrn Dr. med. V. Schmeidler zu Breslau uns zugegangenen Beobachtungen und Erfahrungen mit.

1. Kohlenoxydgas.

Kohlenoxydgas bewirkt hauptsächlich die Erscheinungen der Erstickung, d. h. des mangelnden Sauerstoffs im Blute, da es in den Lungen mit dem Körperblute eine chemische Verbindung eingeht (nicht bloss eine mechanische wie die Kohlensäure) und den Sauerstoff aus dem Blute verdrängt. Ein Beweis für diese chemische Verbindung ist unter Anderem die lebhaft hellrothe Farbe des Blutes bei den Leichen der mit Kohlenoxydgas Vergifteten, während eine einfache Erstickung durch Kohlensäure oder andere Ursachen das Blut immer dunkel gefärbt erscheinen lässt. Diese chemische Verbindung mit dem Blute erklärt die langsame Einwirkung des Gases, die zugleich für den Betroffenen oft eine unmerkliche ist, und ebenso die langsame Genesung der dadurch Vergifteten.

Symptome in leichteren Fällen: Eingenommenheit des Kopfes, heftige Kopfschmerzen verbunden mit Uebelkeit, Ekel und zuweilen Erbrechen, Schwindel, Ohrensausen, Trübsehen und allmälig zunehmende Beklemmung und Athemnoth, auch Herzklopfen. Das Gesicht ist oft geröthet und der Puls zuweilen beschleunigt. Der Kranke empfindet eine Schwere in allen Gliedern.

In schwereren Fällen liegen die Kranken bewusstlos oder doch in tiefem Schlafe da, aus dem sie kaum zu erwecken sind. Die Athemnoth nimmt zu, der Herzschlag wird allmälig immer schwächer, und der Tod tritt entweder ganz allmälig unter langsamer Abnahme aller Lebenserscheinungen schlafähnlich ein, oder es gehen demselben Krämpfe und Zuckungen, sowie unwillkürliche Ausleerungen vorher.

Zu bemerken ist, dass selbst nach Zuführung von frischer Luft und scheinbar leichter Besserung eine schlimme Wendung wieder eintreten kann, indem die Kräfte des Kranken nicht mehr ausreichen, um diese Vergiftung seines Blutes zu überwinden.

Gegenmittel. Die Hauptsache ist die Zuführung von frischer Luft, da nur das reichliche Einathmen derselben das Kohlenoxyd wieder

aus dem Blute vertreiben kann. Die erste Maassregel muss daher immer sein, den Verunglückten aus der schlechten Atmosphäre in möglichst frische Luft zu bringen. Man löse ihm alle Kleidungsstücke von Hals und Brust. Um nun lebhaftere Athembewegungen hervorzurufen, wendet man möglichst kräftige Reizmittel an, wie das Bespritzen mit kaltem Wasser, kalte Begiessungen, namentlich auch auf den Kopf, Hautreize durch Senfteig, Frottiren mit wollenen Lappen u. s. w.; innerlich giebt man starken Kaffee, Salmiakgeist (Liquor Ammonii caustici) zu 15 bis 20 Tropfen in Wasser oder schleimigem Getränke; womöglich elektrisire man die Brustmuskeln, um die Athembewegungen kräftig zu machen. Ist ein Laboratorium in der Hütte, so wird man, nach Percy, auf Werken, bei deren Ausdehnung öfters solche Fälle eintreten können, Sauerstoff in Kautschukblasen vorräthig halten, um diesen den Verunglückten in die Lungen blasen zu können.

Unter dieser Behandlung kann der Kranke wieder zu sich kommen; er klagt dann meist noch über heftige Kopfschmerzen, Uebelkeit und Athemnoth. Ist die grösste Gefahr vorüber, so giebt man säuerliche Getränke und macht kleinere oder grössere Blutentziehungen, wodurch die Congestionen nach Kopf, Brust etc. beseitigt werden. — Erfolgreich, aber schwierig, ist die sogenannte Transfusion, d. h. die Uebertragung von Blut eines gesunden Menschen in die Adern des Kranken.

2. Cyankalium.

Die Vergiftung durch Cyankalium erfolgt durch frei werdende Blausäure. Auch diese zeigt in ihrer Wirkung hauptsächlich Erstickungserscheinungen, aber nicht indem sie sich mit dem Blute verbindet und den Sauerstoff aus demselben vertreibt, sondern indem sie lähmend auf das Nervensystem wirkt und in Folge dessen namentlich auch die Thätigkeit der Athemmuskeln hemmt. Die Wirkung ist eine viel schnellere, aber nach überwundener Gefahr auch die Genesung eine schnellere.

Symptome: Eine rasch zunehmende Athemnoth mit Schwindel, es folgen bald Anfälle von krampfhaften Zuckungen, die Pupillen erweitern sich, blutiger Schaum tritt vor den Mund, der Puls wird klein und sehr häufig, die Haut kühl; dann folgt tiefer Schlaf resp. Bewusstlosigkeit, und der Tod tritt nach Minuten oder wenigen Stunden ein; zuweilen jedoch erholen sich auch die Kranken, indem der Kopf und das Athmen allmälig freier werden.

Gegenmittel: Brechmittel, wenn das Gift nicht bloss eingeathmet, sondern auch eingenommen, also z. B. als Staub verschluckt ist; dann als wichtiges Gegengift das vorsichtige Einathmen von Chlorgas, 1 Theil Aq. Chlori mit 4 Theilen Wasser gemischt, zum Einathmen vor Mund und Nase gebracht. Auch innerlich wird Chlorwasser mit Wasser verdünnt, esslöffelweise, oder, wie oben, Liq. Ammon. caustic. (Salmiakgeist) 15 bis 20 Tropfen in schleimigen Getränken gegeben. Sehr wichtig sind

ferner kalte Uebergiessungen des Kopfes, auch Blutentziehungen und kräftige Hautreize.

3. Vergleichung beider Vergiftungen.

Bei 1. ist die Wirkung eine langsamere, demgemäss auch die Genesung eine langsamere. Bei 2. dagegen erfolgt die Wirkung rasch, aber nach beseitigter Gefahr auch die Genesung rasch.

Charakteristisch für 1. ist der heftige Kopfschmerz, die Uebelkeit, die Neigung zu Schlafsucht und Bewusstlosigkeit.

Bei 2. dagegen treten mehr die nervösen Erscheinungen in den Vordergrund: Krämpfe, Erweiterung der Pupillen, Schwindel etc. Der Verlauf ist ein stürmischer.

Ein absolutes Kriterium für die Vergiftung durch Kohlenoxydgas giebt es wenigstens beim Lebenden nicht, da die Erstickung durch Kohlensäure ähnliche Symptome zeigt, und mit dem Kohlenoxydgas doch meist zugleich Kohlensäure und Kohlenwasserstoff eingeathmet wird. In der Leiche zeigen sich im Wesentlichen die Erscheinungen von Erstickung, nur ist hier allerdings die hellrothe Farbe des Blutes für Kohlenoxydgas entscheidend, während das Blut eine dunkle Farbe bei Todesfällen zeigt, welche durch Einathmen von Kohlensäure herbeigeführt werden [1]).

Bei Blausäurevergiftungen soll sich zuweilen ein Geruch nach Blausäure im Athem, respective im Blute des Kranken zeigen. Das Blut der Leiche erscheint dunkel und dünnflüssig; Erstickungserscheinungen walten auch hier vor.

Färbung der brennenden Hochofengase.

Die Hochofengase zeigen bei ihrer Verbrennung eine Flamme, deren wesentliche Färbung einestheils durch das Kohlenoxydgas, anderentheils durch die darin suspendirten festen Körper bedingt ist.

Kohlenoxydgas verbrennt bekanntlich mit einer röthlich-blauen Flamme. Diese Farbe ist daher vorherrschend in den Flammen der Hochofengase, wo diese auch aus dem Ofen entweichen mögen.

Früher liess man allgemein die Gase an zwei Stellen des Ofens frei an die Luft treten und verbrennen, es war dies am Tümpel (Tümpelflamme) oder bei Blauöfen am Lichtloche (Lichtlochflamme), und an der Gicht (Gichtflamme). Seitdem aber die Benutzung der Gichtgase allgemein geworden und die Einsicht Fuss gefasst hat, dass die Tümpelflamme einer Gas- und Wärmeverschwendung gleich zu achten ist, sieht man am

---

[1]) Nach Bernard (vergl. S. 390) sind Convulsionen bei Erstickungen durch Kohlensäure die Regel, bei Vergiftungen durch Kohlenoxyd die Ausnahme.

Hochofen bei regelrechtem Gange überhaupt keine Flammen mehr. Es hat daher auch die Möglichkeit aufgehört, nach der Färbung und Beschaffenheit dieser Flammen den Gang des Hochofens zu beurtheilen.

Das Hauptkennzeichen war stets die geringere oder grössere Helligkeit der Flamme, herrührend von der geringeren oder höheren Temperatur, welche in ihr herrschte, und dem Grade des Glühens der darin suspendirten Körper. Eine weisse Flamme deutete daher auf sehr hohe Temperatur (Uebergaargang), eine rothe auf niedrige (Rohgang). Der richtige Gang des Hochofens (Gaargang) wurde durch mittlere Helligkeit der Flamme angezeigt.

Gichtflamme. Die durch verbrennendes Kohlenoxydgas und Wasserstoff blaugefärbte Flamme ist an sich durchsichtig. Viel Wasserdampf giebt ihr einen graulichen Anschein und macht sie undurchsichtig. Kohlenwasserstoffe geben in grösserer Menge beigemengt gelbrothe Färbung, die leicht das Blau ganz zurückdrängt. Das Blassviolett der Kaliflamme wird namentlich bei Holzkohlenhochöfen sowohl in der Gicht-, als namentlich in der Tümpelflamme leicht von dem weniger röthlichen Blau des Kohlenoxydgases unterschieden. Beim Aufgeben von Brennmaterial, namentlich von Holzkohlen, färbt sich die Gichtflamme in Folge der Einmengung von schwach glühenden Kohlenpartikelchen in dieselbe und dadurch veranlasster Abkühlung intensiv roth. Zinkoxyd färbt die Flamme intensiv weiss. Nach Kerl[1]) wird sie durch Bleioxyd gelblichweiss, durch verbranntes Eisen (bei Rohgang) gelblich oder röthlich gefärbt.

Charakteristisch und von Einfluss auf das Aussehen der Flamme ist das Rauchen derselben. Der Rauch besteht, wie S. 553 u. f. gezeigt, zum grossen Theil aus Alkalien. Diese zeigen sich bei hoher Temperatur (Uebergaargang) am reichlichsten, bei gewöhnlicher Temperatur (Gaargang) in geringer Menge, bei kühler Temperatur (Rohgang) gar nicht. Zinkische Erze geben stets einen gelben Rauch, der bei grösserer Entfernung vom Ofen weiss wird[2]). Dieser Rauch nimmt bei kühler Temperatur zu, da dann die Condensation näher der Gicht stattfindet, und zeigt eine blassere Färbung[3]).

Tümpelflamme. Die Kennzeichen, welche die Tümpelflamme für den Ofengang liefert, sind ähnliche; jedoch ist hierbei zu beachten, dass dieselben nur für den unteren Theil des Ofens maassgebend sind. Eine starke, nicht leicht zu unterdrückende Tümpelflamme ist daher, namentlich wenn sie stark dampft, und bei zinkischen und bleiischen Erzen die beim Verbrennen dieser Metalle auftretenden Färbungen deutlich erkennen lässt, ein Kennzeichen von Rohgang im Ofen, bei welchem der Wind und die Gase gehindert sind, mit der erforderlichen Geschwindigkeit aufwärts

---

[1]) Kerl, Hüttenkunde I, 306. — [2]) Zinkoxyd ist nämlich in der Hitze gelb, in der Kälte weiss. — [3]) Vergl. Karsten, Eisenhüttenk. III, S. 177.

zu steigen [1]). Ein rother Rauch deutet auf verbrennendes Eisen und starken Rohgang.

Analyse der Hochofengase.

Zur Untersuchung von Gasgemengen kann man sich zweier Wege bedienen, deren einer, der eudiometrische, sich auf Volumenbestimmung stützt, während der andere sich auf Gewichtsbestimmungen gründet. Da man die Analyse nur in den seltensten Fällen direct am Hochofen wird vornehmen können, sondern einen Transport der aufgefangenen Gase zum Laboratorium nöthig hat, so ist an sich die eine wie die andere Methode anwendbar; da aber in Folge des Gehaltes an Kohlenwasserstoff in den Hochofengasen die zweite Methode eine nicht unwesentliche Fehlerquelle in sich birgt, so hat man, seit Bunsen auf die letztere aufmerksam gemacht hat, stets die eudiometrische Methode gewählt.

1. Entziehen der Gase.

Zum Entziehen der Gase bedient man sich am besten schmiedeiserner Röhren. Gute gezogene Leuchtgasleitungsrohre erfüllen gewöhnlich ihren Zweck bis auf bedeutende Tiefen. Man schraubt beim allmäligen Niedersinken ein Stück an das andere an und setzt, sobald das Ende des Rohrstranges die gewünschte Tiefe erreicht hat, oben ein Kniestück an, welches man wieder mit einem Bleirohre in Verbindung bringt, um mittelst des letzteren das Gas an den zum Auffangen der Gase bestimmten Ort zu leiten. Um gleichzeitig aus verschiedenen Tiefen des Ofens Gase zu erhalten, verbindet man, wenn der erste Rohrstrang bis zu einer gewissen Tiefe eingesunken ist, mit demselben einen zweiten u. s. f., bis man eine grössere Zahl von Röhren zu einem Bündel vereinigt hat. Das Anschrauben neuer Stücke ist in diesem Falle allerdings nicht ganz leicht. Die Arbeiten, namentlich auch das Herausziehen der Röhren nach dem Gebrauche, können durch Anbringung zweckentsprechender Flaschenzüge über der Gicht etc. sehr erleichtert werden. Behufs der Entziehung von Gasen aus den unteren Theilen des Hochofens, oder überhaupt aus der Nähe der Wandungen führt man die Röhren durch das Mauerwerk ein und steckt dann wohl eiserne und Porzellanröhren in einander, oder wendet nur Porzellanröhren an, wie dies in den Bemerkungen zu den Analysen mehrfach geschildert worden ist.

2. Auffangen der Gase.

Man fängt die Gase meistentheils in dem Zustande auf, in welchem sie aus dem Hochofen treten, hin und wieder aber trocknet man sie auch

[1]) Karsten, Eisenhüttenk. III, S. 178 u. 179.

zuvor. Das letztere Verfahren hat insofern Bedeutung, als man dadurch den Punkt im Ofen bestimmen kann, bis zu welchem unzersetztes Wasser auftritt.

An das Ende des Bleirohres wird der Auffangeapparat angesetzt. Er besteht aus einem circa 18 bis 24 Millimeter weiten Glasrohre, welches man an beiden Enden ziemlich fein ausgezogen hat. Auch giebt man dem Glasrohre mehrere Einschnürungen, so dass es einer sogenannten Kugelröhre ähnlich wird, um auf diese Weise mehrere Portionen gleichen Gases sammeln zu können. Jede Abtheilung macht man circa 100 bis 150 Millimeter lang. Soll das Gas getrocknet aufgefangen werden, so schaltet man zwischen Bleirohr und Glasröhre ein Chlorcalciumrohr ein.

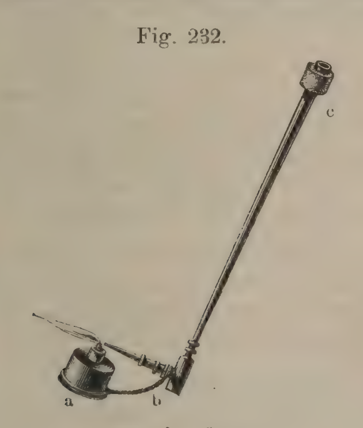
Man lässt erst einige Zeit das Gas durch das Leitungsrohr strömen, ehe man den Auffangungsapparat anschliesst, was in den meisten Fällen am einfachsten durch ein Gummirohrstück geschieht, welches mit einem Quetschhahn versehen ist.

Kann man wegen zu hoher Temperatur der Gase kein Gummirohr anwenden, so muss das eiserne oder bleierne Endstück des Leitungsrohres mit einem metallenen Hahne versehen sein.

Es versteht sich von selbst, dass bei der Auffangung des Wasserdampfes in einem Chlorcalciumrohre die Gase nicht vorher bis unter 100° abgekühlt sein dürfen, weil man sonst nicht deren vollen Wassergehalt in dem Chlorcalcium wiederfinden würde.

Ist die Verbindung des Apparates mit dem Leitungsrohre hergestellt, so lässt man das Gas wiederum mehrere Minuten durchströmen, schliesst dann den Quetschhahn (beziehungsweise den Metallhahn im Rohre) und bläst nun mit einem Löthrohre, welches am besten direct mit der zugehörigen Lampe verbunden ist, wie Fig. 232 zeigt[1]), die Enden und die Verbindungsstellen der einzelnen Abtheilungen luftdicht zu.

Fig. 232.



Bunsen's Löthrohr.

Getrocknete oder trockene Gase kann man auch sehr zweckmässig in einem mit Lein- oder Baumöl gefüllten[2]) Gasometer auffangen; indessen gestatten die localen Verhältnisse nur selten die geeignete Aufstellung eines solchen.

[1]) Es ist von Bunsen in seinen gasometrischen Methoden, 1857 S. 3, angegeben. — [2]) Das Gasometer kann auch mit Wasser gefüllt sein, auf dem eine Oelschicht schwimmt, wenn man das Gas von oben einführt.

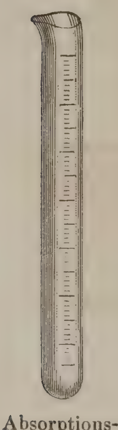
3. Analyse der Gase.

Die Analyse führt man entweder nach der von Bunsen oder der von Regnault und Reiset angegebenen Methode aus [1]).

a. Bunsen's Methode [2]).

Hat man das Gas in einem Gasometer, so lässt man es aus diesem in einzelnen Abtheilungen in eine mit Quecksilber gefüllte Absorptionsröhre treten; hat man es in zugeschmolzenen Glasröhren, so bringt man das Gas dadurch in die Absorptionsröhre, dass man die eine Spitze jener Röhren im Quecksilberbade unter der Mündung der mit Queksilber gefüllten Absorptionsröhre abbricht. Die Absorptionsröhre hat die Form der Fig. 233, ist calibrirt und mit Millimetertheilung versehen. Gasblasen, welche leicht zwischen dem Quecksilber und der Glaswandung der Absorptionsröhre hängen bleiben, müssen durch Oscillationen der Quecksilbersäule mit der Hauptgasmasse vereinigt werden [3]).

Fig. 233.



Absorptionsröhre.

Es werden sodann die nöthigen Beobachtungen des Quecksilberstandes im Absorptionsrohre, des Barometerstandes und der herrschenden Temperatur vermittelst des Fernrohres gemacht und rechtzeitig wiederholt.

Wasserdampf. Soll der Wassergehalt der Gase bestimmt werden, so kann man dies sofort bei der Auffangung am Hochofen thun, wenn man zum Sammeln einen Gasometer von bestimmtem Inhalt und ein gewogenes Chlorcalciumrohr anwendet. Dies empfiehlt sich bei allen Gasen mit höherem Wasserdampfgehalt. Bei geringeren Wasserdampfgehalten nimmt man die Untersuchung zweckmässig erst im Laboratorium vor, und bestimmt den Wassergehalt entweder gleichfalls durch Chlorcalcium oder durch die zur Bestimmung des Wasserstoffs weiter unten angegebene Kochmethode.

Trocknung der Gase. Waren die Gase nicht vorher getrocknet, so geschieht dies jetzt durch Einführung geschmolzener Chlorcalciumkugeln, wodurch allerdings gleichzeitig etwa vorhandene geringe Mengen von Ammoniak mit absorbirt werden.

Kohlensäure. Aus dem trocknen Gase wird hiernach die Kohlensäure durch Einführung von möglichst wasserhaltigen Aetzkalikugeln, welche an einen Platindraht angeschmolzen sind, entfernt. Für grössere

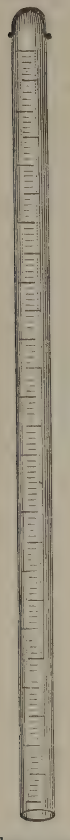
---

[1]) Vergl. Bunsen, Gasometrische Methoden, Braunschweig 1857, u. Annales de chimie et de physique, 3 sér. 26, p. 329. — [2]) Vergl. Bunsen, op. cit., u. Rinmann u. Fernquist, undersökningar etc. — [3]) S. Bunsen, Gasometr. Methode S. 39.

Mengen von Kohlensäure, wie sie in den Gasen nahe der Gicht auftreten, sind zwei, auch drei solcher Kugeln erforderlich. Die Operation erfordert dann eine sehr lange Zeit, zuweilen bis 24 Stunden.

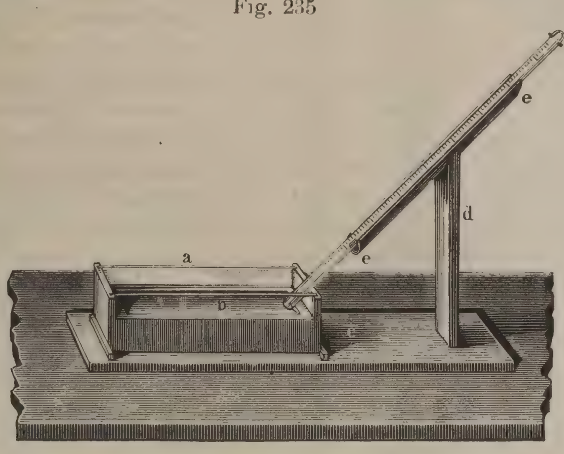
Wasserstoff, Kohlenoxyd und Grubengas. Das so von Wasserdampf und Kohlensäure befreite Gas wird nun in ein Verbrennungseudiometer (Fig. 234) gebracht, welches in einer calibrirten und getheilten, mit zwei Platindrähten zum Durchschlagen des elektrischen Funkens versehenen Glasröhre von circa 22 Millimeter innerer Weite besteht. Zum Ueberfüllen des Gases in das Eudiometer bedient man sich der in Fig. 235 abgebildeten Quecksilberwanne *a b*, während das Eudiometer auf einem Ständer *e d e* befestigt ist.

Fig. 234.



Verbrennungs-eudiometer.

Fig. 235.



Quecksilberwanne.

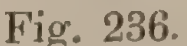
Es wird dem Gase sodann Sauerstoff und Luft in hinreichender, natürlich gemessener Menge zugeführt, um vollständige Verbrennung bei der folgenden Detonation zu veranlassen.

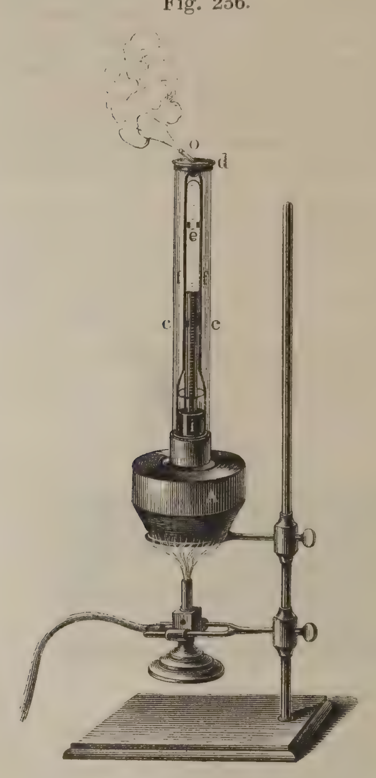
Da das erzielte Verbrennungsproduct mit Wasserdampf gesättigt sein muss, um die der vorhandenen Temperatur entsprechende Tension des Wasserdampfes beim Ablesen des Gasvolumens in Anrechnung bringen zu können, und da der Wasserstoffgehalt der Hochofengase dazu oft nicht ausreicht, so ist es zweckmässig, auch noch ein gemessenes Volumen Knallgas zuzuführen. Die Menge des zugesetzten Sauerstoffs lässt sich unter der Voraussetzung schätzen, dass das Volumen der nicht detonirenden Gase ungefähr doppelt so gross ist als das der detonirenden [1]).

[1]) Nach Bunsen sollen auf 100 Vol. nicht brennbares Gas zwischen 20 und 64 Vol. brennbaren Gases kommen.

Das Knallgas stellt man am einfachsten durch Elektrolyse aus Wasser her.

Zur Bestimmung des durch die Verbrennung gebildeten Wassers bedient man sich des von Bunsen angegebenen in Fig. 236 abgebildeten Apparates. *A* ist ein eiserner Kessel, der zur Hälfte mit Wasser gefüllt ist, *cc* ein gläserner Cylinder, von dessen mit dem Abzugsrohre *o* versehenen Deckel *d* der zur Aufnahme des Eudiometers *e* bestimmte Träger *ff* herabhängt. Das Eudiometer wird in das zur Hälfte mit Quecksilber gefüllte Glas *i* gestellt und dann nebst dem letzteren vermittelst des Trägers *ff* in den Glascylinder *cc* gebracht, durch welchen der Dampfstrom vom Kessel *A* schnell aufsteigt und das durch die Detonation im Eudiometer gebildete Wasser auf 100⁰ erhitzt, also vollständig in Dampf umwandelt.


Fig. 236.



Wasserdampfbestimmungs-Apparat.

Die Dampfmenge entspricht einestheils der Menge des Wasserstoffs, welchen die Gase enthalten hatten, anderentheils des im zugesetzten Knallgase vorhandenen Wasserstoffs und, bei Vorhandensein von Grubengas in den Gasen, auch der in dem Grubengase enthaltenen Wasserstoffmenge.

Nachdem das Volumen abgelesen ist, absorbirt man die durch die Detonation gebildete Kohlensäure durch Kalikugeln [1]).

Es kann Kohlenoxyd auch nach der ersten Kohlensäureabsorption durch Kupferchlorür, welches in Salzsäure gelöst ist, absorbirt werden.

Stickstoff. Das Gasgemenge enthält jetzt nur noch Sauerstoff und Stickstoff. Man setzt [2]) so viel Wasserstoff hinzu, dass das Volumen des nicht detonirenden Gases nahe gleich dem des detonirenden ist, und leitet den Funken hindurch.

---

[1]) Nach Rinmann soll man diese Operation nicht im Eudiometer ausführen, weil durch sie das letztere leicht beschmutzt wird; indessen ist doch die Umfüllung in das Absorptionsrohr eine schwierige und zeitraubende Operation, so dass man gut thut, lieber grössere Vorsicht bei der Einführung der Kalikugeln anzuwenden, aber das Gefäss nicht zu wechseln. — [2]) Nachdem man es, falls die vorhergehende Operation im Absorptionsrohre vorgenommen war, ins Eudiometer zurückgeführt hat.

Das gebildete Wasser wird, wie vorher, durch den Kochapparat bestimmt. Der Rest des Gases besteht nun in Stickstoff und dem zur Detonation nicht verbrauchten freien Wasserstoffe.

Oelbildendes Gas. Oelbildendes Gas wird in den Hochofengasen im Anfange der Analyse, nachdem die Feuchtigkeit und die Kohlensäure derselben absorbirt ist, bestimmt.

Man wendet zur Absorption desselben eine möglichst gesättigte, jedoch noch flüssige Lösung von wasserfreier Schwefelsäure in concentrirter wasserhaltiger an. Diese Lösung bringt man vermittelst einer Kokskugel in das trockene Gasgemenge und entfernt nach vollendeter Absorption des Elayls die im Eudiometer verbreiteten Schwefelsäuredämpfe vermittelst einer Kalikugel [1]).

b. Regnault's und Reiset's Methode.

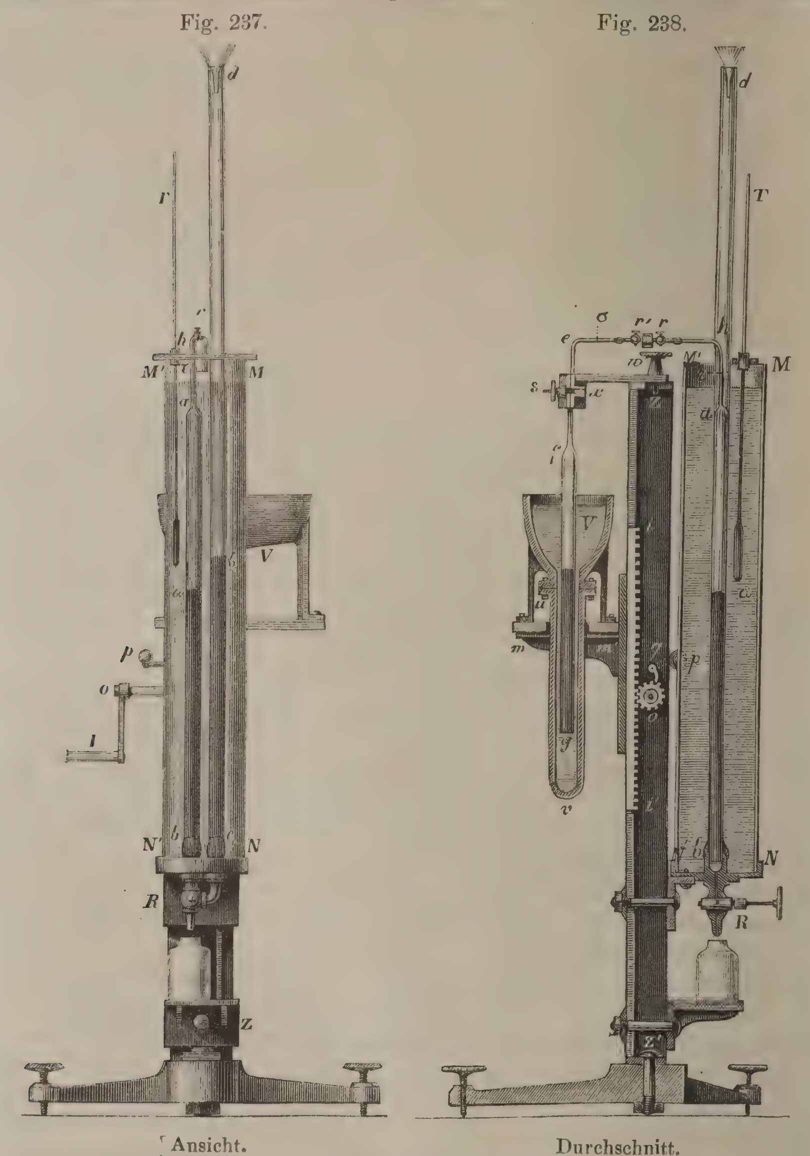
Das von Regnault und Reiset gebrauchte Instrument ist in Fig. 237 (a. f. S.) in Seitenansicht und in Fig. 238 in einem rechtwinklig dazu stehenden Durchschnitte abgebildet. ab ist das Maassrohr, welches durch ein Capillarrohr mit dem Hahne r verbunden ist und in welches in der Nähe des Halses zwei Platindrähte [2]) eingeschmolzen sind. In dem Maassrohre wird das Quecksilber stets auf einem bestimmten Zeichen (α) erhalten, so dass das Gas beim Ablesen immer ein gleiches Volumen einnimmt. fg ist das Arbeits- (Laborations-)rohr, welches ebenfalls durch ein Capillarrohr e mit dem Hahne r' verbunden ist. Arbeitsrohr und Maassrohr communiciren also mit einander durch er' einerseits und hr andererseits. Die Art der Verbindung der einzelnen Stücke ist in Fig. 242 (Seite 403) dargestellt. Das mit r bezeichnete Hahnstück passt in die conische Endigung des Rohres $a'b'$ und wird in den in Ansicht und Durchschnitt gezeichneten Verschlussring $a''b''$ gelegt und verschraubt. Das untere Ende g des Arbeitsrohres fg ist offen und steht in einer Quecksilberwanne V, die auf- und abwärts stellbar ist. Diese Wanne ist in oberer Ansicht in Fig. 240, in Seitenansicht in Fig. 241 (S. 403) besonders dargestellt. Ein drittes Rohr cd dient als Druckrohr. Es ist von unten nach oben in Millimeter getheilt. Vermittelst des Dreiweghahnes R, welcher in Fig. 239 (S. 403) für sich im Grundrisse dargestellt ist, kann die Verbindung zwischen Maass- und Druckrohr hergestellt oder abgeschnitten werden, ebenso die Verbindung zwischen jedem dieser Rohre und der äusseren Luft, wenn man das Quecksilber (in das darunter gestellte Gefäss) auslaufen lässt. T ist ein in zehntel Grade getheiltes Thermometer. Das Maassrohr, das Druckrohr und das Thermometer sind von einem mit Wasser gefüllten Gefässe $MM'NN'$ umschlossen.

---

[1]) Bunsen, op. cit. S. 109. — [2]) Dieselben sind, soweit sie durch das Wasserbad gehen, mit Gummi überzogen.

Man misst das Volumen der Gase im Rohre *ab* von dem am oberen Ende desselben befindlichen Nullpunkte an. Der untere Theil dieses

Fig. 237. Fig. 238.



Regnault's und Reiset's Eudiometer.

Rohres ist mit Quecksilber angefüllt. Das Quecksilber im Druckrohre wird, wenn der Hahn *R* geöffnet, d. h. *ab* mit *cd* verbunden ist, gleich hoch, höher oder tiefer stehen, als das Quecksilber im Maassrohre, je

nach dem Drucke der Gase im Verhältniss zum Drucke der atmosphärischen Luft. Man lässt nun aber stets so viel Quecksilber aus *cd* ab

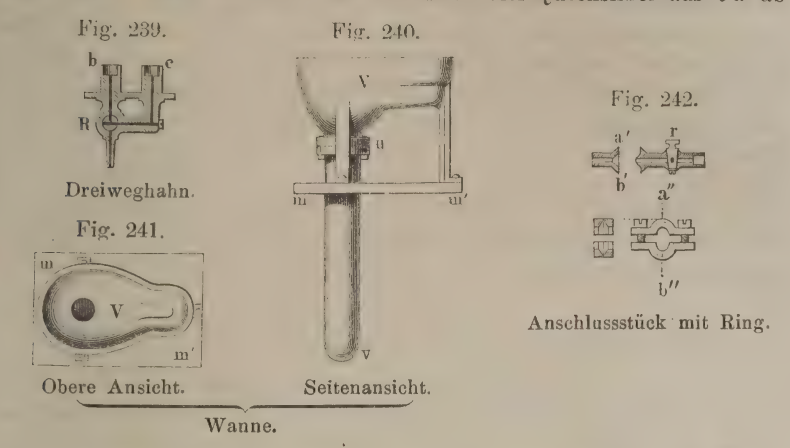


Fig. 239. Dreiweghahn.

Fig. 240. Seitenansicht.

Fig. 241. Obere Ansicht.

Wanne.

Fig. 242. Anschlussstück mit Ring.

oder füllt so viel Quecksilber von oben nach, dass das Quecksilberniveau im Maassrohre *ab* stets auf demselben Theilstriche steht. In Folge dessen giebt die Höhe der Quecksilbersäule im Druckrohre *cd* ein Maass für die Veränderungen, welche das Gasvolumen in *ab* erleiden würde, wenn der Druck stets derselbe gewesen wäre. Da die Temperatur des Wassers, welches das Maassrohr umgiebt, stets gleich gehalten werden kann, so ist eine Temperaturreduction bei den Berechnungennicht nöthig.

Zum Ueberführen der Gase aus dem Rohre *ab* in das Rohr *fg* und umgekehrt hat man nur die Quecksilberwanne *V* auf- und abzuschieben. Unbedeutende Ungenauigkeiten entstehen hierbei natürlich dadurch, dass in dem Capillarröhrchen Gas bleibt, welches der Messung entgeht.

Kohlensäure. Das in derselben Weise wie bei der Bunsen'schen Methode getrocknete Gas wird seiner Kohlensäure durch concentrirte Kalilösung beraubt, was in einigen Minuten geschieht, wenn man das Gas einige Mal zwischen Laborationsrohr *fg* und Maassrohr *ab* hin- und herführt. Die Schnelligkeit dieser Absorption ist der grösste Vortheil bei der Anwendung des Regnault-Reiset'schen Apparates und empfiehlt ihn für praktische Controlversuche des Hochofenganges, während der Genauigkeit der Resultate wegen für theoretische Speculationen sich der Bunsen'sche mehr eignet.

Kohlenoxyd, Wasserstoff und Grubengas. Das nach Entfernung der Kohlensäure zurückbleibende Gasgemenge wird nach dem Ablesen der Quecksilbersäule im Druckrohre *cd* wieder in das vorher gereinigte Arbeitsrohr *fg* befördert, dort mit Sauerstoffgas, Luft und Knallgas gemengt, dann in das Maassrohr *ab* zurückgeführt, detonirt und abermals gemessen, um die Contraction zu bestimmen. Es wird darauf

im Arbeitsrohre die durch Detonation gebildete Kohlensäure mittelst Kalilauge absorbirt.

Kohlenoxyd kann auch nach der ersten Kohlensäureabsorption durch Kupferchlorür absorbirt werden; das Kupferchlorür darf indessen wegen der Angreifbarkeit der Metallhähne des Apparates nicht in Salzsäure, sondern nur in Ammoniak, welcher mit etwas Salmiak versetzt ist, gelöst sein.

Stickstoff. Stickstoff bleibt auch hier nach Detonation des Sauerstoffs vermittelst Wasserstoffs, einschliesslich des zugesetzten überschüssigen Wasserstoffs, übrig.

Vergleich der beiden gasometrischen Methoden.

Der Nachtheil der Bunsen'schen Methode besteht in der verhältnissmässig langen Zeit, welche sie erfordert, und in der Schwierigkeit, welche das Umfüllen der Gase in verschiedene Apparate bedingt. Der Nachtheil der Regnault-Reiset'schen Methode dagegen liegt in der geringeren Genauigkeit.

Die Zeit, die zur Analyse eines dem Hochofen entnommenen Gasgemenges im Regnault-Reiset'schen Apparate nothwendig ist, beträgt nach eingehenden Versuchen von Rinmann und Fernqvist nur ein Viertel bis ein Halb der Zeit, welche man bei Benutzung des Bunsen'schen Apparates braucht.

Berechnung der Zusammensetzung von Hochofengasen.

Im Folgenden sollen mit den grossen Buchstaben des Alphabetes die aus der gasometrischen Analyse gefundenen Volumina bezeichnet werden, welche das Gas bei 0^0 und 1 Meter Druck einnimmt, und welche sich ohne Schwierigkeit aus dem jedesmal abgelesenen Volumen, dem Barometer- und Thermometerstande berechnen lassen, während mit den kleinen Buchstaben des Alphabetes die zum Zweck der Analyse zugefügten fremden Gasarten bezeichnet werden.

Ist A das Volumen des trocknen Gases, B das Volumen desselben nach Absorption der Kohlensäure, so ist $\frac{100\,(A-B)}{A}$ = dem Procentgehalt der Kohlensäure im Hochofengase.

Ist ölbildendes Gas vorhanden und bleibt nach dessen Absorption das Volumen C, so ist $\frac{100\,(B-C)}{A}$ = dem Procentgehalt dieses Gases.

Soll das Kohlenoxyd durch Absorption bestimmt werden und ist kein ölbildendes Gas vorhanden, bleibt also nach der Absorption das Volumen D, so ist ebenso $\frac{100\,(B-D)}{A}$ der Procentgehalt an Kohlenoxyd.

Das Volumen C enthält noch Kohlenoxyd, Wasserstoff, Grubengas, Stickstoff. Es wird das Volumen a an Sauerstoff und das Volumen b an Knallgas hinzugelassen; das Gesammtvolumen wird hierdurch E, nimmt aber nach der Explosion nur den Raum F ein, die Contraction beträgt daher $E - F$. Auf 100° erhitzt ist das Volumen G, der Wasserdampf also $G - F$. Nach Absorption der durch Detonation gebildeten Kohlensäure bleibt das Volumen H, das Volumen der Kohlensäure ist also $F - H$, und das Gesammtvolumen von Kohlenoxyd, Wasserstoff und Grubengas $\frac{100\,(C - H)}{A}$.

$(G - F)$ Wasserdampf repräsentirt eben so viele Volumina Wasserstoff.

Da zu dem Gasgemenge $\frac{2b}{3}$ Wasserstoff im Knallgase gesetzt worden war, so gehört $(G - F) - \frac{2b}{3}$ Wasserstoff dem Gasgemenge selbst an. Es möge dies Volumen mit I bezeichnet werden. Im Wasserdampf sind ferner $\frac{(G - F)}{2}$ Sauerstoff enthalten und in der gebildeten Kohlensäure $(F - H)$ sind eben so viel Volumina Sauerstoff enthalten, also in Wasserdampf und Kohlensäure zusammen $\frac{(G - F)}{2} + F - H$ Sauerstoff. Da $a + \frac{b}{3}$ Volumina Sauerstoff von aussen zugeführt sind, so gehören den Gasen selbst $\frac{(G - F)}{2} + F - H - \left(a + \frac{b}{3}\right) = L$ Volumina Sauerstoff an.

Ferner sind in der Kohlensäure $\frac{(F - H)}{2} = K$ Volumina Kohlenstoffdampf enthalten, welche dem Gasgemenge allein angehören.

Man kennt mithin die Volumina: K Kohlenstoffdampf,
L Sauerstoff,
I Wasserstoff

in dem gleichfalls bekannten Gesammtvolumen von Kohlenoxyd, Wasserstoff und Kohlenwasserstoff.

Da nun der gesammte Sauerstoff L dem Kohlenoxyd angehören und daher mit einem gleichen Volumen Kohlenstoffdampf verbunden sein muss, so ist $K - L$ Kohlenstoffdampf im Kohlenwasserstoff vorhanden gewesen, und die Menge des Kohlenoxydes im Gasgemenge war $2\,L$ oder procental $\frac{100\,.\,2\,.\,L}{A}$.

Da ferner $K - L$ Volumen Kohlenstoffdampf mit $4\,(K - L)$ Volumen Wasserstoff zu Kohlenwasserstoff verbunden gewesen sein müssen, so bleiben $I - 4\,(K - L)$ Volumen unverbundener Wasserstoff für

das Gasgemenge übrig oder procental $\frac{100\,(I - 4\,[K - L])}{A}$, während sich schliesslich $2\,(K - L)$ Volumina oder procental $\frac{100 \,.\, 2\,(K - L)}{A}$ Volumina als leichtes Kohlenwasserstoffgas im Hochofengase ergeben.

Zu dem rückständigen Gasvolumen H, welches aus Stickstoff und Sauerstoff besteht, wird das Volumen M Wasserstoff zugelassen. Nach der Detonation ist das Volumen N, beim Kochen dagegen O. Es hat sich mithin $O - N$ Wasserdampf gebildet, welcher $\frac{O - N}{2}$ Sauerstoff enthält. $H - \frac{(O - N)}{2} = P$ ist daher der Stickstoffgehalt des Gasgemenges und $\frac{100 \,.\, P}{A}$ seine procentale Menge.

Hatte man ausser freiem Sauerstoffgas auch atmosphärische Luft vor der Detonation zugesetzt, so tritt die Menge des darin enthaltenen Sauerstoffs c der Grösse $a + \frac{b}{3}$ hinzu und kommt mit dieser in Rechnung $\left(a + \frac{b}{3} + c\right)$, während der in der Luft enthaltene Stickstoff d von P in Abzug gebracht werden muss, um die im Gase selbst enthaltene Stickstoffmenge zu erhalten.

Wenn, wie im Regnault-Reiset'schen Apparate, der Wasserdampf nicht durch Kochen bestimmt werden kann, so muss eine andere Rechnungsmethode angewendet werden, welche übrigens auch für die Bunsen'sche Methode in Anwendung kommt, im Falle man die Bestimmung des Wasserdampfes dort ebenso nur aus der Contraction ableiten, nicht direct durch Kochen bestimmen will.

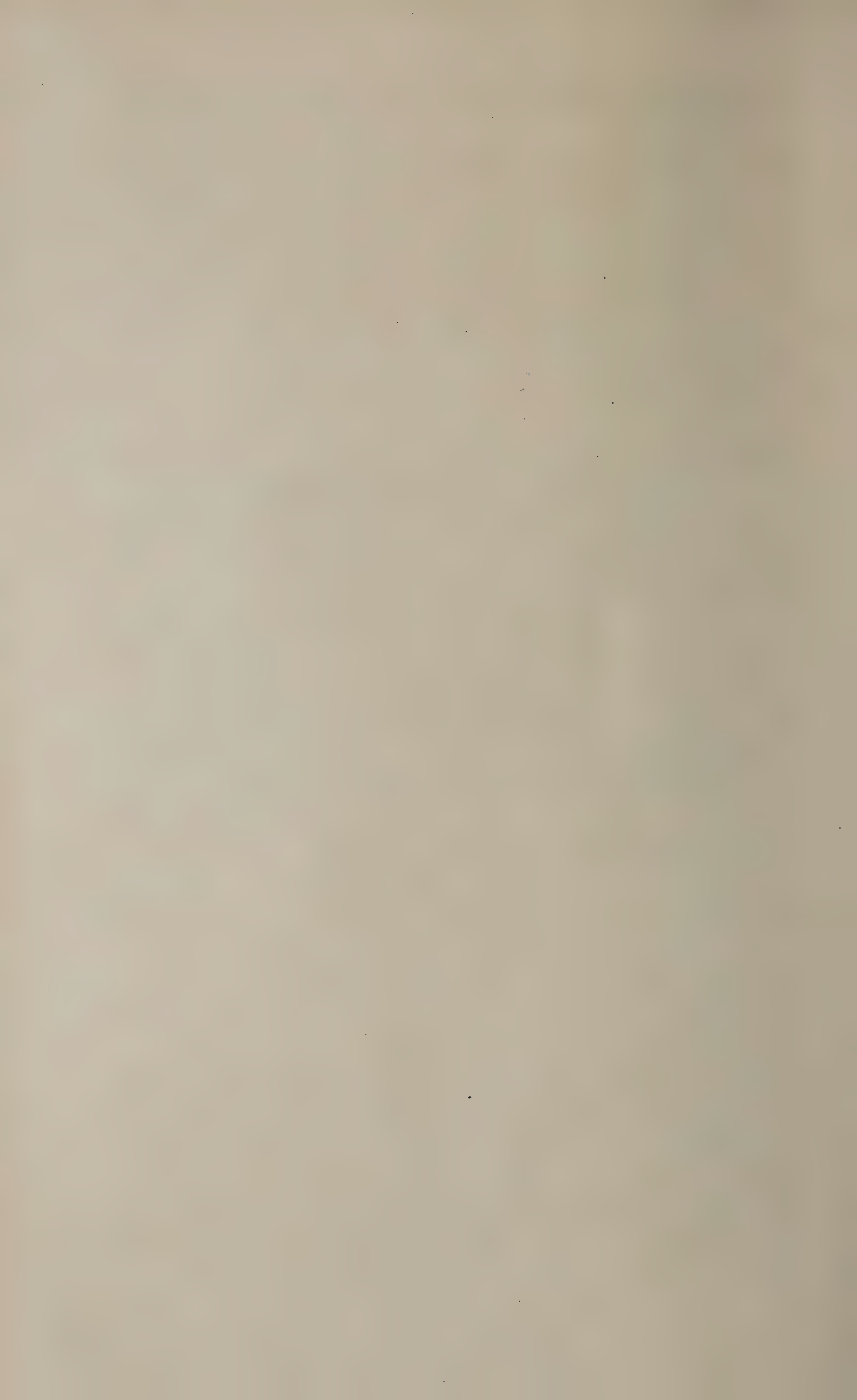
Man berechnet zuerst den Stickstoffgehalt P der Gase aus der Contraction des mit Wasserstoff detonirten Gasgemenges H. Es blieb nach der Explosion mit M Wasserstoff das Volumen N. Folglich ist $(M + H) - N$ gleich dem Volumen des explodirten Wasserstoffs und $\frac{(M + H) - N}{2}$ gleich dem Sauerstoffgehalt des Gasgemenges H. Mithin ist $P = H - \frac{(M + H) - N}{2}$. Nach der Absorption der Kohlensäure und des ölbildenden Gases, wenn solches vorhanden war, hatte man das Gasvolumen $= C$ gefunden, mithin besteht $C - P = Q$ aus Kohlenoxyd, Wasserstoff und Grubengas. Nennt man x das darin enthaltene Grubengas, y das Kohlenoxyd, z den Wasserstoff, so bedarf man dreier Gleichungen, um die drei Unbekannten zu ermitteln [1]). Man kennt nur die Contraction des Gasgemenges nach der Explosion mit Sauerstoff. Diese vertheilt sich in der Art, wie die folgende Tabelle angiebt, auf die einzelnen Gasarten.

[1]) Vergl. Bunsen, Gasometr. Methoden S. 61.

1 Volumen Gas	Bestehend aus			Verbrennt m. Sauerst.			Summa Gas und Sauerstoff	Durch Verbrennung gebildete Kohlensäure	Mithin Contraction
	Kohlenstoff Vol.	Wasserstoff Vol.	Sauerstoff Vol.	für Kohlenstoff Vol.	für Wasserstoff Vol.	Zusammen Vol.	Vol.	Vol.	Vol.
Grubengas	$1/2$	2	—	1	1	2	3	1	2
Kohlenoxyd	$1/2$	—	$1/2$	$1/2$	—	$1/2$	$1\,1/2$	1	$1/2$
Wasserstoff	—	1	—	—	$1/2$	$1/2$	$1\,1/2$	—	$1\,1/2$

Die gemessene Contraction R ist darnach $= 2x + 1/2\,y + 1\,1/2\,z$. Ferner ist der durch Absorption gefundene Kohlensäuregehalt dem Volumen nach gleich der Summe des Volumens des Grubengases und des Volumens des Kohlenoxydgases, also $(F - H) = x + y$. Endlich ist die Summe der drei Gase $Q = x + y + z$ bekannt, mithin lässt sich durch Elimination jede einzelne der drei Grössen x, y und z berechnen.

Im Uebrigen unterscheiden sich die Berechnungen bei beiden Methoden wesentlich nur dadurch, dass die Reduction des Gasvolumens auf gleichen Druck und gleiche Temperatur auf verschiedene Weise zu erfolgen hat, da bei der Bunsen'schen Methode das wirkliche Volumen der Gase, bei dem Regnault-Reiset'schen Verfahren aber die Höhe des Druckes zum Ausgange dient, welche zur Reduction des wirklichen Volumens der Gase auf ein stets gleiches Volumen erforderlich ist.



3. Die Veränderung der festen Materialien beim Hochofenprocess.

Nachdem im ersten Capitel des Abschnittes über die chemischen Vorgänge im Hochofen die Wirkungsart des in den Hochofen einströmenden Windes, im zweiten Capitel die Veränderung des von jenem erzeugten Gasstromes bei seinem Aufsteigen zur Gicht erläutert worden ist, bleibt zuletzt noch übrig, die Veränderungen zu betrachten, welchen die niedersinkenden an der Gicht in den Ofen gelangenden festen Materialien unterworfen sind, um schliesslich in Roheisen und Schlacke übergeführt zu werden.

Diese Materialien bestehen in Erzen, Zuschlägen und Brennmaterialien. Alle drei Gattungen verändern sich beim Niedergange im Hochofen theils in ihrer chemischen Zusammensetzung, theils in ihrer physikalischen Beschaffenheit. Es werden daher sowohl die chemischen, wie die mechanischen Veränderungen derselben ins Auge zu fassen sein.

Obwohl nun die Zusammensetzung der Erze bereits im zweiten Hauptabschnitte der Eisenhüttenkunde [1]) erläutert worden ist, so genügt doch die dort erlangte Kenntniss nicht für alle Fälle zur Erklärung der im Hochofen stattfindenden Veränderungen, weil die Erze nicht immer in derselben Beschaffenheit in den Hochofen gelangen, wie sie aus dem Schooss der Erde gefördert werden, sondern häufig einer Vorbereitung unterliegen, welche sie geeigneter für den Hochofenprocess macht. Ferner ist es nöthig, sowohl die Natur der Zuschläge kennen zu lernen, welche dazu dienen sollen, mit den in den Erzen enthaltenen Verunreinigungen des oxydirten Eisens eine Schlacke zu bilden, als auch zu prüfen, in welchen Verhältnissen dieselben mit den Erzen zu mischen sind. Endlich müssen noch die Brennmaterialien mit besonderer Beziehung auf den Hochofenprocess betrachtet werden, wenn auch deren Beschaffenheit im Allgemeinen, sowie die Vorbereitungen, welche sie durch Verkohlung und Verkokung zu erleiden haben, schon aus dem ersten Bande des Werkes bekannt sind [2]).

So entstehen zwei Hauptabtheilungen dieses Capitels, deren erste die Vorbereitung der Materialien, also ihre Veränderungen ausserhalb des Hochofens, deren zweite aber die Veränderung der Materialien im Hochofen selbst zu erläutern haben wird.

---

[1]) Vergl. erste Abtheil. S. 269. — [2]) Vergl. Bd. I, S. 53.

I. Vorbereitung der Materialien.

A. Die Vorbereitung der Erze.

Die Erze werden auf dreifache Weise vorbereitet, ehe sie in den Hochofen gelangen: sie werden geröstet, ausgelaugt und einer mechanischen Aufbereitung, namentlich einer Zerkleinerung unterworfen. Nicht alle Erze erleiden alle drei Arten der Vorbereitung, manche Erze kommen sogar unmittelbar in dem Zustande, wie sie die Grube liefert, in den Hochofen. Wenn alle drei Vorbereitungsarbeiten angewendet werden, so erfolgen sie doch nicht immer in der angegebenen Reihenfolge, sondern das Zerkleinern geht zuweilen dem Rösten, zuweilen dem Auslaugen voraus; auch ist häufig mit der Röstung eine gleichzeitige Zerkleinerung verbunden; hin und wieder endlich wird eine der drei Vorbereitungsarbeiten wiederholt, z. B. ein Erz vor und nach dem Rösten zerkleinert, oder vor und nach dem Auslaugen geröstet.

1. Röstung der Eisenerze.

Unter Röstung der Eisenerze versteht man eine Erhitzung derselben bis zu einer Temperatur, bei welcher noch keine Schmelzung eintritt.

Diese Temperatur kann nach der Beschaffenheit des Erzes eine sehr verschiedene sein. Reines Eisenoxyd (z. B. Eisenglanz) schmilzt bei den höchsten in der Praxis erreichbaren Temperaturen noch nicht [1]), Eisenoxydoxydul (z. B. Magneteisenstein) ist nur bei hohen Temperaturen schmelzbar [2]), jede der angeführten beiden Eisenverbindungen giebt aber, mit Kieselsäure (z. B. in Form eines quarzhaltigen Eisensteins) erhitzt, schon bei mässiger Hitze schmelzende Silicate.

Bei der Röstung der Eisenerze verfolgt man einen doppelten Zweck. Entweder liegt es in der Absicht, die physikalische Beschaffenheit derselben in solcher Weise zu ändern, dass ein im rohen Zustande schwer zu zerkleinerndes Erz mürbe, oder ein dichtes, der Einwirkung von Gasen in seinem Innern schwer zugängliches Stück porös gemacht wird; oder aber es soll die chemische Zusammensetzung des Erzes geändert werden. Mit der zweiten Art der Veränderung fällt gewöhnlich die erste zusammen, mit der ersten nicht immer die zweite. Die Aenderung in der chemischen Zusammensetzung, welche sich meistens nicht nur auf das eigentliche Erz, d. h. die Eisenverbindung, sondern auch daneben, oft auch ausschliesslich auf dessen Beimengungen und Verunreinigungen, also auf die Gang- und Lagerarten, die eingesprengten Mineralien u. s. w. bezieht, beruht nämlich hauptsächlich auf Abgabe flüchtiger Stoffe und Verbindungen und bewirkt hierdurch gleichzeitig ein Poröswerden des Erzes. Andererseits wird das Erz ohne weitere chemische Veränderung schon durch das einfache Verdampfen des in Folge der Förderung, des Transports und der Lagerung ihm anhaftenden hygroskopischen Wassers in vielen

[1]) Vergl. Abthl. I, S. 20. — [2]) Vergl. Abthl. I, S. 25.

Fällen eine Auflockerung erfahren, und ebenso lösen sich dessen einzelne Theile von einander durch die verschiedene Ausdehnung beim Erhitzen und die abweichende Zusammenziehung beim Erkalten — eine Wirkung, welche durch plötzliche Abkühlung des noch heiss aus der Röstung hervorgehenden Erzes mittelst kalten Wassers befördert werden kann.

Die zur Röstung erforderliche Temperatur wird nur in einzelnen Fällen (bei Kohleneisensteinen) durch Verbrennung eines dem Erze selbst angehörigen Bestandtheils, für die bei weitem meisten Erze dagegen durch Verbrennung einer besonderen Quantität festen oder gasförmigen Brennmaterials erzielt. Je nachdem bei dieser Verbrennung die atmosphärische Luft freieren oder beschränkteren Zutritt hat, verläuft die Röstung in einer oxydirenden, neutralen oder reducirenden Atmosphäre. Selten führt man bei der Röstung Wasserdampf zu, dessen Einwirkung eine verschiedene ist, je nachdem er für sich allein oder mit atmosphärischer Luft gemengt zu den heissen Erzen tritt.

Chemische Vorgänge beim Rösten der Eisenerze. Die chemischen Reactionen beim Rösten beginnen im Allgemeinen erst, nachdem die Temperatur so hoch gestiegen ist, dass alles hygroskopische Wasser verdampft ist. Nur das Hydratwasser der Brauneisensteine fängt bereits an frei zu werden, ehe noch der erstere Vorgang ganz vollendet ist, und aus bituminösen Eisenerzen (Kohleneisensteinen) destilliren gleichzeitig leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe ab.

Die wichtigsten Veränderungen, welche die Erze beim Rösten erleiden, gleichgültig ob die Röstatmosphäre eine reducirende oder oxydirende ist, sind folgende:

1. Das Hydratwasser der Brauneisenerze und das Hydratwasser des in den Gang- oder Lagerarten enthaltenen Thones, Gypses etc. wird ausgetrieben.

2. Die Kohlensäure der Spath-, Thon- und Kohleneisensteine entweicht, ebenso die Kohlensäure des beigemengten kohlensauren Kalks, der kohlensauren Magnesia (bei kalkigen und dolomithaltigen Erzen) und anderer kohlensaurer Verbindungen, namentlich des kohlensauren Zinkoxyds (bei galmeihaltigen Erzen).

3. Flüchtige Kohlenwasserstoffe gehen aus Kohleneisensteinen, Raseneisenerzen u. s. w. fort.

4. Höhere Schwefelungsstufen, d. h. Verbindungen, welche mehr als 1 Atom Schwefel auf 1 Atom Metall enthalten, namentlich Schwefelkies und Kupferkies, verlieren einen Theil ihres Schwefelgehaltes, der dampfförmig entweicht; Arsenkies giebt Schwefelarsen ab.

Bei neutraler Röstatmosphäre bleiben Rotheisenstein (Eisenoxyd) und Magneteisenstein (Eisenoxydoxydul) ungeändert, Brauneisenstein (Eisenoxydhydrat) geht in Eisenoxyd, Spatheisenstein, Thon- und Kohleneisenstein (kohlensaures Eisenoxydul) in Eisenoxydoxydul ($Fe_6 O_7$) über [1].

[1]) Vergl. Abthl. I, S. 186.

Die ihrer Kohlensäure beraubten Erden und die (bei höherer Schwefelung) eines Theils ihres Schwefels und Arsens beraubten Schwefel- und Arsenmetalle bleiben unverändert.

Bei oxydirender Röstatmosphäre bleibt Rotheisenstein unverändert, Brauneisenstein geht in Eisenoxyd über, Magneteisenstein gelangt, obwohl nur sehr langsam und allmälig, auf eine höhere Oxydationsstufe und wird schliesslich zu Eisenoxyd; aber die in der Praxis vorkommenden Zeiten genügen niemals zu der völligen Umwandlung in Oxyd, ja in den meisten Fällen zeigen die Analysen kaum merkliche Veränderungen in Bezug auf den Sauerstoffgehalt des Magneteisensteins [1]).

Spatheisenstein verwandelt sich zuerst in Oxydoxydul; dieses geht aber weit leichter als Magneteisenstein in oxydreichere Verbindungen und schliesslich in Oxyd über.

Organische (kohlige) Beimengungen der Kohleneisensteine verbrennen vollständig.

Die Schwefelmetalle geben schweflige Säure ab und werden theils in Oxyde, theils in schwefelsaure Salze umgewandelt. Bei hinreichend langer Röstung wird zuerst Schwefeleisen, dann auch Schwefelkupfer (Schwefelkies, Magnetkies, Kupferkies u. s. w.) vollständig in Oxyd umgewandelt, während bei der zum Rösten der Eisenerze angewendeten Temperatur Schwefelzink und Schwefelblei (Zinkblende, Bleiglanz) stets unzerlegte schwefelsaure Salze zurücklassen [2]). War gleichzeitig mit den Schwefelmetallen kohlensaurer Kalk vorhanden, so geht der aus diesem entstandene kaustische Kalk, so weit die erzeugte Schwefelsäure ausreicht, in schwefelsauren Kalk über.

Lüders hat Versuche über das Verhalten von Kupferkies im Spatheisenstein angestellt [3]), welche ergaben, dass bei Gegenwart von Kalk in einer oxydirenden Röstatmosphäre nur Spuren von Schwefel als schweflige Säure entwichen, während der grösste Theil des Schwefels, zu Schwefelsäure oxydirt, sich mit dem Kalke verband.

Die Arsenmetalle geben arsenige Säure ab. Arsenkies geht in Eisenoxyd über, welches mit geringen Mengen arsensauren und schwefelsauren Eisenoxyds gemengt ist.

Bei reducirender Röstatmosphäre gehen Rotheisenstein und Brauneisenstein, der letztere nachdem er seines Wassers beraubt ist, in Oxydoxydul über, jener langsamer und schwieriger als dieser. Beide Erze werden ebenso wie der Magneteisenstein und der nach dem Verlust seiner Kohlensäure in Oxydoxydul übergegangene Spatheisenstein oxydulreicher und können schliesslich, ohne jemals in reines Oxydul überzugehen, zu metallischem Eisen reducirt werden, welches letztere indessen niemals der Zweck des Röstens sein kann.

Man lässt im Gegentheil die Röstung stets mit der Bildung von

---

[1]) Vgl. Preuss. Zeitschr. f. Bergbau, Hütten- u. Salinen-Wesen, 1866, S. 141. — [2]) Vergl. Plattner, Röstprocesse. Freiberg 1856, S. 95 u. f. — [3]) Allgemeine Berg- u. Hüttenm. Zeitung 1860, S. 9 u. f.

Oxydoxydul abschliessen, weil, wie in dem Capitel über die Rennarbeiten [1]) gezeigt worden, das auf solche Weise reducirte schwammartige metallische Eisen ein sehr ungünstiges Material zu weiterer Verarbeitung ist.

Das kohlensaure Eisenoxydul (des Spath-, Thon- und Kohleneisensteins) bildet Oxydoxydule von sehr wechselnder Zusammensetzung. Diese auch beim Rösten in neutraler Röstatmosphäre auftretende Erscheinung findet ihre Erklärung in der theilweisen Zersetzung der ausgetriebenen Kohlensäure. Lüders hat namentlich auf diesen Vorgang aufmerksam gemacht [2]) und gezeigt, dass, gleichgültig ob ein Spatheisenstein für sich oder in einem Strome von Kohlensäure geglüht werde, die Kohlensäure sich zersetze und Sauerstoff zur Oxydation des Oxyduls abgebe. Bei der Unbeständigkeit des freien Eisenoxyduls ist dies eine leicht begreifbare Erscheinung. Lüders wies auch nach, dass, wenn man ganz reinen Spatheisenstein in verschlossener Glasröhre glühe, zwar ein Theil Kohlensäure in der angegebenen Art zersetzt werde, das gebildete Eisenoxydoxydul sich jedoch noch höher oxydire, sobald Luft zutrete.

Die Bildung schwefelsaurer und arsensaurer Metallsalze wird in reducirender Röstatmosphäre mehr oder weniger verhindert, und unzerlegte Schwefel- und Arsenmetalle bleiben zurück.

Anwendung von Wasserdampf beim Rösten. Wird beim Rösten Wasserdampf angewendet, so trägt dieser zur Zersetzung der Schwefelmetalle unter Bildung von Schwefelwasserstoff bei.

Der Erfolg ist aber ein sehr verschiedener, je nachdem der Wasserdampf bei der Röstung gleichzeitig mit atmosphärischer Luft oder unter Abschluss derselben angewendet wird, und je nachdem er mit dem Röstgut gemengten Kohlenstoff (festes Brennmaterial) vorfindet oder nicht.

Tritt nämlich der Wasserdampf gleichzeitig mit atmosphärischer Luft oder mit freien Sauerstoff enthaltenden Verbrennungsproducten zu Schwefelmetallen, so wird derselbe zwar einen Theil der Schwefelmetalle zersetzen und Schwefelwasserstoff und Oxyde bilden, zugleich aber wird der Sauerstoff der Luft mit einem anderen Theile des Schwefels schweflige Säure erzeugen und ausserdem den Schwefelwasserstoff und den etwa durch Sublimation erzeugten Schwefel verbrennen. Hierbei bildet sich also zuletzt immer schweflige Säure; daneben aber entstehen auch die oft so schwer zerstörbaren schwefelsauren Salze, unter denen sich zwar die des Eisens und Kupfers in den Rösttemperaturen zerlegen lassen, die des Zinks, Bleies und namentlich der bei kalkhaltigen Erzen sich bildende schwefelsaure Kalk [3]) dagegen der abermaligen Zersetzung entgehen. Es

[1]) Abthl. I. der Eisenhüttenkunde. — [2]) Allg. Berg- u. Hüttenm. Zeitung 1860, S. 9. — [3]) Welchen Einfluss der Kalkgehalt der Erze auf den zurückbleibenden Schwefelgehalt ausübt, beweisen Versuche, welche mit den zu Rothehütte im Harz verwendeten Rotheisensteinen (Abthl. I, S. 351) gemacht sind; die kieseligen Rotheisensteine werden durch einfaches oxydirendes Rösten von einem 0,082 Proc. betragenden Gehalte an Schwefel auf einen solchen von nur 0,009 Proc. gebracht, dagegen kalkhaltige nur von 0,060 auf 0,023 Proc. (Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1865, S. 208).

wird sich mithin der ganze Röstprocess um so weniger von einer gewöhnlichen Röstung ohne Wasserdampf unterscheiden, je reichlicher die atmosphärische Luft im Verhältniss zum Wasserdampf zugegen ist. Berücksichtigt man ferner, dass nach Versuchen Regnault's die atmosphärische Luft ein weit energischer entschwefelndes Agens ist als Wasserdampf, so kommt man zu dem Schlusse, dass der letztere bei den geringen Mengen von Schwefelmetallen, welche ein für den Hüttenbetrieb noch brauchbares Eisenerz enthalten darf, neben der meist sehr grossen Menge einströmender Luft überhaupt kaum zur Wirkung gelangen kann.

Anders verhält sich die Sache, wenn der Wasserdampf ohne atmosphärische Luft zugeführt wird. Hierbei wird der Wasserdampf nach Plattner's[1]) Untersuchungen langsam so zerlegt, dass der Schwefel des betreffenden Schwefelmetalls mit einem Theile des Wasserstoffs im Wasserdampfe sich zu Schwefelwasserstoff vereinigt und gasförmig frei wird, während das Metall, wenn es die Eigenschaft besitzt, in der Glühhitze Sauerstoff aufzunehmen (also z. B. das Zink der Zinkblende), sich mit dem abgeschiedenen Sauerstoffe des Wasserdampfes zu Oxyd verbindet. Das gebildete Oxyd kann nun seinerseits wieder Sauerstoff an einen Theil des noch unzersetzten Schwefelmetalls abgeben und schweflige Säure bilden. Diese, im gasförmigen Zustande auf den vorhandenen Schwefelwasserstoff treffend, wirkt auf denselben zerlegend ein unter Bildung von Wasser und Ausscheidung von Schwefel, welcher bei hinreichend hoher Temperatur dampfförmig zur Gicht gelangen würde, um dort wieder zu schwefliger Säure zu verbrennen. Es wäre also möglich, auf diese Weise eine sehr vollkommene Abschwefelung der Erze zu bewirken; aber es lässt sich auch im Voraus erkennen, dass diese Methode auf Voraussetzungen beruht, welche nur selten in der Praxis zutreffen können. Erstens nämlich ist bei allen Schachtöfenröstungen die Temperatur nicht hoch genug, um dem Schwefel unzersetzt den Austritt aus der Gicht zu gestatten, es wird derselbe vielmehr mit einem Theile des Sauerstoffs der Erze wieder schweflige Säure bilden, so dass die Entstehung schwefelsaurer Salze zwar verringert, nicht aber verhindert wird. Zweitens ist es kaum möglich, zweckmässige Apparate zu construiren, in welchen eine Röstung von so bedeutenden Quantitäten Erz, wie sie für einen Hochofenbetrieb nöthig sind, ohne Luftzutritt lediglich durch Wasserdampf ausgeführt werden kann.

Wenn das schwefelmetallhaltige Eisenerz beim Rösten mit Kohle geschichtet wird, oder wenn es, wie der Kohleneisenstein, Kohle beigemengt enthält, so bietet die Anwendung von Wasserdampf noch weniger Vortheil. Derselbe zersetzt sich nämlich mit dem Kohlenstoffe unter Bildung von Kohlenoxyd. Das Kohlenoxyd ist aber ohne Wirkung auf die Schwefelmetalle, und das freie Wasserstoffgas entreisst den letzteren ihren Schwefel nur sehr schwierig und weit langsamer als der Sauerstoff.

---

[1]) Vergl. Plattner, Röstprocesse, S. 247.

Es wird mithin die Entschwefelung nur verzögert, also unvollkommener gemacht [1]), als sie sein würde, wenn der Wasserdampf fehlte.

Zudem wirkt der hierbei etwa mit eintretende überschüssige Sauerstoff der Luft viel schwächer, weil er, verdünnt durch Wasserstoff, Kohlenoxyd und wohl auch Kohlensäure und Kohlenwasserstoffe, weit weniger Berührungspunkte mit den unzersetzten Schwefelmetallen findet.

Da ausserdem die Erzeugung des Wasserdampfes besondere Apparate und Brennmaterialaufwand erfordert, da ferner bei der Zersetzung des Wasserdampfes eine beträchtliche Menge Wärme gebunden wird, welche durch die gleichzeitige Oxydation der betreffenden Metalle nicht ersetzt wird, und endlich die Entfernung des Schwefels aus schwefel-, magnet- und kupferkieshaltigen Eisenerzen auch durch eine einfache, zweckmässig geleitete oxydirende Röstung in hinreichendem Grade gelingt, sowie durch Zuhülfenahme von Auslaugeprocessen, welche weiter unten besprochen werden sollen, sehr erleichtert wird: so findet der Wasserdampf nur in sehr beschränktem Maasse eine Anwendung in der Praxis. Nur bei den im Ganzen selten vorkommenden arsenhaltigen Eisenerzen ist Wasserdampf unter der Voraussetzung wirksamer als jede andere Röstmethode ohne die Benutzung desselben, dass derselbe ohne Luftzutritt angewendet wird. Es bildet sich dann arsenige Säure, welche durch den überschüssigen Wasserdampf mitgerissen wird. Sind die Erze indessen gleichzeitig schwefelhaltig, so zersetzt sich in gelinderen Temperaturen die arsenige Säure wieder mit dem Schwefelwasserstoff und bildet von Neuem Schwefelarsen. Mit Recht schliesst aus diesem Verhalten Rivot [2]), dass für die Röstung von Fahlerzen und ähnlichen Mineralien (welche zuweilen den Eisenerzen, besonders dem Spatheisensteine beigemengt sind) Wasserdampf nicht anwendbar sei, um gleichzeitig mit dem Schwefel die Gesammtheit des Arsens (und Antimons) auszutreiben, es sei denn, dass der Schwefel in bedeutendem Ueberschusse vorhanden wäre.

Da nun beim einfachen Rösten sehr arsen- und schwefelhaltiger Erze mit Luft die Bildung arsensaurer Salze in bedeutender Menge nicht umgangen werden kann, und diese aus den gerösteten Erzen auch durch Auslaugen mit Wasser nicht zu entfernen sind, so würde in diesem Falle die Anwendung des Wasserdampfes unter der oben genannten Voraussetzung immer noch das bessere Mittel sein, wenn nicht dadurch die Röstung so vertheuert würde, dass man lieber auf die Verarbeitung solcher Erze überhaupt verzichtet.

Beim Rösten kohlensäurehaltiger Eisenerze hat der Wasserdampf einen ähnlich günstigen, aber nur mechanischen Einfluss auf die Entfernung der Kohlensäure, wie beim Kalksteinbrennen [3]).

---

[1]) Vergl. Plattner, Röstprocesse, S. 240. — [2]) Rivot-Remelé, Analytische Mineralchemie I, S. 29. — [3]) Ein Verhalten, welches nach Faraday und Gay-Lussac durch die grössere Geschwindigkeit des aufsteigenden Gasstromes und durch die in Folge dessen stattfindende schnellere Abführung der Kohlensäure zu erklären ist. Vergl. Muspratt-Stohmann-Kerl, 2. Aufl., Bd. 3, S. 586.

Einfluss der Röstung auf den Hochofenprocess. Wenn man ein von Schwefelmetallen freies Erz für den Hochofenprocess durch die Röstung vorbereitet, so wird bei jeder Röstmethode durch Austreibung von Wasser und Kohlensäure bei Braun-, Spath-, Thon- und Kohleneisensteinen dem Hochofen ein Wärmeverlust erspart; im Uebrigen aber arbeitet eine Röstung in reducirender Atmosphäre dem Hochofenprocess vor, eine oxydirende Atmosphäre ihm entgegen. Soll hiernach aus irgend welchen Gründen die Reduction im Hochofen erschwert werden, so kann dies erstens dadurch geschehen, dass man rohe statt gerösteter Erze aufgiebt, also die Temperatur in den oberen Theilen des Hochofens herabdrückt, oder zweitens dadurch, dass man oxydirend geröstete Erze benutzt, in denen also (falls sie nicht schon auf der Oxydationsstufe des Oxyds standen) der durch das Kohlenoxydgas des Hochofens zu vergasende Sauerstoff künstlich vermehrt worden ist. Eine Beschleunigung der Reduction im Hochofen wird umgekehrt stets durch reducirend geröstete Erze herbeigeführt werden. Insofern wirkt also eine vorhergehende Röstung auf die Production, d. h. die Quantität des in einem Hochofen erzeugten Roheisens.

Wenn Spath-, Thon- und Kohleneisensteine im Hochofen roh verschmolzen werden, so kommt die bei der Umwandlung des in ihnen enthaltenen kohlensauren Eisenoxyduls in Eisenoxydoxydul eintretende theilweise Zersetzung der Kohlensäure in Kohlenoxyd in Betracht und übt namentlich einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die Zusammensetzung der Gase in dem entsprechenden Hochofentheile aus. Es ist bereits früher [1]) angeführt, dass beim Erhitzen des kohlensauren Eisenoxyduls ohne Luftzutritt Fe_6O_7 übrig bleibt, während Kohlenoxyd und Kohlensäure in einem Mischungsverhältnisse von 1 : 5 entweichen.

Auf die Qualität des zu erzeugenden Roheisens wirkt eine Röstung fast immer günstig, da, wie die Analysen [2]) beweisen, die meisten Erze schwefelhaltig und namentlich durch Schwefelkies und Kupferkies verunreinigt sind. Eine oxydirende Röstung wirkt in dieser Beziehung natürlich am günstigsten.

Da die Temperatur, welche zur gänzlichen Zerstörung der als Verunreinigung der Eisenerze am häufigsten vorkommenden Schwefelverbindungen des Eisens und Kupfers und zu ihrer Umwandlung in Oxyde (namentlich zur Zerstörung der Zwischenbildungen von schwefelsauren Salzen) erfordert wird, eine sehr hohe ist, so kommt man in dem Falle, wo man diesen Zweck vollkommen erreichen will, in Gefahr, die Erze zum Sintern oder gar zum Schmelzen zu bringen. Je mehr die Nebenbestandtheile des Erzes geneigt sind, unter sich oder mit dem oxydirten Eisen leichtflüssige Verbindungen einzugehen, um so grösser ist diese Gefahr. Nun liegt aber der Nachtheil einer solchen Schmelzung für

---

[1]) Abthl. 1, S. 136. — [2]) In der ersten Abtheilung der Eisenhüttenkunde. S. 288 u. f.

den Hochofenprocess stets darin, dass an Stelle der ursprünglichen oder der durch ein gutes Rösten erhöhten Porosität des Erzes eine mehr oder minder grosse Undurchdringlichkeit desselben tritt, welche selbst dann schon nachtheilig wirkt, wenn nur eine oberflächliche Sinterung der Erzstücke eingetreten ist. Ausserdem sind kieselsaure Eisenoxydulverbindungen, welche sich bei einer solchen Schmelzung oft bilden, weit schwerer reducirbar, als die einfachen Oxydationsstufen des Eisens.

Die Frage, wie weit man in der Röstung eines Erzes mit Rücksicht auf den nachfolgenden Hochofenprocess zu gehen habe, wird wesentlich eine ökonomische sein. Im Allgemeinen erreicht man durch lange andauernde, mässige Erhitzung eines Erzes dasselbe, wie durch eine kurze aber starke Erhitzung; bei jener ist zwar die Gefahr einer Schmelzung geringer, aber auch der Brennmaterialverbrauch grösser, als bei dieser. Man wird sich daher so viel wie möglich für eine kräftige, kurz andauernde Röstung entscheiden und bei sehr schwefelhaltigen Erzen selbst eine Sinterung absichtlich zulassen, wenn nur bei möglichst geringem Brennmaterialaufwand eine gute Reinigung der Erze von Schwefel erreicht wird. So röstet man in Schweden die schwefelkiesreichen Magneteisenerze bis zu angehender Schmelzung, um nur ein möglichst schwefelfreies Roheisen zu erhalten.

So leicht es ist, bei hinreichender Vorsicht und unbeschränktem Brennmaterial- und Zeitaufwand, namentlich aber unter Zuhülfenahme der Auslaugeprocesse, die Erze soweit schwefelfrei zu machen, dass der letzte zurückbleibende Rest von Schwefel durch die geeigneten Zuschläge im Hochofen vollständig unschädlich für die Roheisenerzeugung gemacht werden kann; so unmöglich ist es bis jetzt, den Phosphorgehalt der Erze auch nur irgendwie durch den Röstprocess zu verringern. Obwohl die Lösung dieser Aufgabe den Erfinder unsterblichen Ruhmes sicher machen würde, so giebt doch der gegenwärtige Stand der Chemie noch keine Hoffnung auf eine derartige Lösung.

Einfluss der Korngrösse des Erzes auf den Röstprocess. Das Rösten der Eisenerze geschieht entweder in freien Haufen oder in Oefen. Im ersten Falle pflegt man die Erze in Stücken verschiedenartigster Grösse, wie sie aus der Grube oder der Aufbereitungsanstalt kommen, der Röstung zu übergeben; im zweiten Falle unterwirft man sie häufig einer vorgängigen Zerkleinerung. Unterliegen die Erze nach ihrer Förderung einer Handscheidung, so macht es im Allgemeinen keine besonderen Kosten, sie auf Stücke von bestimmter Grösse zu reduciren; bedürfen sie aber einer solchen Scheidung nicht, so scheut man auch meist die Ausgaben für eine Zerkleinerung. Man vernachlässigt hierbei indessen den Umstand, dass eine gehörige Zerkleinerung und namentlich die Reduction der Stücke auf eine gleichmässige Grösse für den Röstprocess nur vortheilhaft sein kann; denn ein Erzstück von bedeutender Grösse wird erst durchgeröstet sein, wenn kleinere gleichzeitig mit ihm aufgegebene Stücke längst fertig

geröstet sind, und der Brennmaterialaufwand, welcher in Anspruch genommen wird, um die letzteren bis zur Vollendung der Röstung der grossen Stücke mitzuerhitzen, ist als ganz verloren anzusehen; während, wenn man sich umgekehrt mit der Durchröstung nur der kleineren Stücke begnügt, der Zweck für die grösseren nicht vollkommen erreicht wird.

Wäre es thunlich, die Erze in Form von Pulver im Hochofen zu verwerthen, so würde es sicher am zweckmässigsten sein, schon dem Röstprocess eine soweit gehende Zerkleinerung derselben vorher gehen zu lassen und sich dann für die Röstung solcher Apparate zu bedienen, welche, wie der Gerstenhöfer'sche oder Hasenclever'sche Röstofen, die Erhitzung pulverförmiger Substanzen gestatten.

Werden die Erze zweimal geröstet, was namentlich dann geschieht, wenn ein Auslauge- oder Verwitterungsprocess eingeschaltet werden soll, so pflegt man die Zerkleinerung nach der ersten Röstung vorzunehmen, weil die Erze dann schon mürbe geworden sind und sich leichter als die rohen Stücke zerbrechen lassen.

Erzeugung der Rösttemperatur und Ausnutzung derselben in verschiedenen Apparaten. Es ist bereits darauf hingewiesen worden, dass die zur Röstung nöthige Temperatur theils durch Verbrennung des in den Erzen selbst enthaltenen Kohlenstoffs (bei Kohleneisensteinen), theils durch Verbrennung anderer fester oder gasförmiger Brennmaterialien hervorgerufen wird. Die Ausnutzung der Wärme ist dann die vollkommenste, wenn das Brennmaterial in unmittelbarer Berührung mit den Erzen verbrannt wird, wenn also ein festes Brennmaterial mit dem Erze geschichtet, oder ein gasförmiges zwischen dem Erze verbrannt wird. Hierbei wird ferner die erzeugte Wärme umsomehr ausgenutzt werden, je weniger eine Transmission nach aussen in die atmosphärische Luft stattfindet, und je genauer die Menge der Verbrennungsluft dem Bedarfe angepasst ist. Aus diesem Grunde wird stets eine Röstung in Oefen den Vorzug gegen eine Röstung in freien Haufen verdienen.

Weniger vollkommen wird die Wärme ausgenutzt, wenn das Brennmaterial ausserhalb des zu röstenden Erzes verbrannt und nur die Verbrennungsproducte (die Flamme) zwischen die Erzstücke geleitet werden. Will man aus anderen Gründen indessen dieser Methode den Vorzug geben, so ist es vortheilhafter, die heissen Verbrennungsproducte zwischen den Erzstücken hindurch, als nur über deren Oberfläche fortströmen zu lassen. Man wendet daher Schachtöfen, fast niemals Flammöfen zur Röstung der Eisenerze an.

Der Schachtofen gewährt, gleichgültig ob die Rösttemperatur in ihm durch Verbrennung eingeschichteten Brennmaterials, durch Verbrennung von Gasen oder durch Einleiten von verbrannten heissen Gasen erzielt wird, den Vortheil gegen den Flammofen, dass das zu röstende Material dem aufsteigenden heissen Gasstrome entgegen rückt, ohne der Handarbeit zu bedürfen, dass daher die Röstung bei allmälig gesteigerter Temperatur

auch allmälig erfolgt, und dass endlich, wenn die Verbrennungsstätte in hinreichender Höhe sich befindet, das Erz am Fusse des Ofens bereits wieder abgekühlt anlangt, gleichzeitig aber auch der dort einströmenden Verbrennungsluft Gelegenheit zur Erwärmung bietet.

Am schlechtesten wird die Wärme ausgenutzt, wenn man die Erze in geschlossenen Gefässen (Muffeln oder Retorten) erhitzt, und es hat daher auch diese freilich öfters vorgeschlagene Methode um so weniger Eingang gefunden, als einerseits die Menge der nachtheiligen Gase (schweflige, arsenige Säure), welche bei der Röstung erzeugt werden, im Allgemeinen zu gering ist, um erhebliche Belästigungen an den Orten hervorzurufen, wo die Industrie ohnehin die reine Luft verdrängt hat, andererseits aber auch bei der Röstung keinerlei nutzbare Stoffe in so grosser Menge entweichen, um zur Benutzung für andere Zwecke dienen zu können. Selbst der Verlust der Kohle in den Kohleneisensteinen beim Rösten in Oefen oder in freien Haufen ist nicht als eigentlicher Verlust anzuschlagen, da er dazu dient, anderweites sonst zur Erhitzung nöthiges Brennmaterial zu sparen.

Andere Verschiedenheiten in der Wirksamkeit der Röstapparate. Wenn man in Bezug auf Wärmeausnutzung denjenigen Schachtöfen, in welchen das zur Erzeugung der Rösttemperatur nöthige Brennmaterial zwischen den Erzen verbrannt wird, den Vorzug geben muss, so können doch manche Gründe dafür sprechen, trotzdem Oefen mit ausserhalb liegender Feuerung anzuwenden. Ist man nämlich gezwungen, ein festes und unreines Brennmaterial anzuwenden, so kann dessen directe Berührung und Mengung mit dem Erze grosse Nachtheile herbeiführen. Enthält das Brennmaterial Schwefelkies, so kann ein an sich schwefelfreies Erz zum Nachtheil der Roheisenerzeugung in ein schwefelhaltiges umgewandelt werden; ist die Asche des Brennmaterials phosphorhaltig (z. B. bei Torf), so wird sie, mit dem Erze gemengt, ebenfalls dessen Qualität verschlechtern. Hat man reichliche Mengen eines billigen, aber unreinen Brennmaterials zu Gebote stehen, so ist es oft ökonomischer, grössere Quantitäten eines solchen zu verwenden als geringere Quantitäten eines besseren aber theueren Brennmaterials, und in diesem Falle lassen sich ausserhalb des Röstofens liegende Feuerungen rechtfertigen.

Will man ferner mit oxydirender Atmosphäre arbeiten, so gelingt eine hinreichende Regulirung des Luftzutritts leichter bei Oefen mit aussen liegender Feuerung, als bei solchen, in denen eingeschichtetes Brennmaterial angewendet wird.

Die Vortheile des eingeschichteten Brennmaterials in Bezug auf Ausnutzung der Wärme und die Vortheile, den Luftzutritt vollkommen in der Gewalt zu haben, bietet dagegen g l e i c h z e i t i g die Gasfeuerung; die Schachtöfen mit Gasfeuerung, d. h. mit im Inneren verbrennendem Gase müssen daher als die vollkommensten Röstöfen angesprochen werden.

Obwohl auch die Röstung in Oefen nicht ganz unabhängig von klimatischen Verhältnissen sein kann, so ist doch in viel höherem Grade die Röstung in Haufen einer ausser der menschlichen Macht liegenden Ungleichmässigkeit ausgesetzt, da die Witterungsverhältnisse (Niederschläge, Temperatur, Windrichtung) einen nicht gering zu schätzenden Einfluss auf dieselbe ausüben.

Wenn trotz dieser Nachtheile und der oben erwähnten schlechten Wärmeausnutzung die Haufenröstung noch an vielen Stellen beibehalten ist, so liegt das einestheils zwar an der bekannten Anhänglichkeit vieler Praktiker am Alten und Hergebrachten, wie an der Bequemlichkeit und an der aus Mangel an Kenntnissen entspringenden Scheu, neue Versuche anzustellen; anderntheils aber auch an localen Verhältnissen. Es ist an sich oft rationeller, geröstete Erze zu transportiren, als rohe; denn Spatheisenstein, Sphärosiderit und Kohleneisenstein z. B. können beim Rösten durch Abgabe von Kohlensäure der Eisensalze und Erden, von Wasser und organischen Substanzen bis 40% und mehr an Gewicht verlieren, so dass der Nachtheil, der durch das leichtere Zerbröckeln der gerösteten Erze entsteht, ganz gegen den Vortheil eines billigeren Transportes zurücktritt. In diesem Falle wird die Röstung möglichst nahe der Förderstelle geschehen. Hat man nun hier über hinreichenden Raum zu gebieten, ist ferner billiges Brennmaterial zu beschaffen, oder enthalten die Eisenerze dasselbe in sich, sind Oefen nur mit grossen Kosten zu erbauen und zu unterhalten, so wird die Frage in manchen Fällen aus ökonomischen Gründen für das Rösten in freien Haufen entschieden werden können.

Man hat wohl noch als Vortheil der Röstung in freien Haufen angeführt, dass sich die dem Erze beigemengten tauben Gangarten nach solcher Röstung leichter durch Hand in Schalen oder Stücken ablösen liessen, weil sie, da das Erz in Ruhe bliebe, grössere Stücke bildeten, während dieselben bei der Bewegung der Erze im Röstofen zu Pulver zerrieben würden und daher schwer zu trennen seien [1]). Doch ist nur in seltenen Fällen, z. B. bei einigen südwalesischen Sphärosideriten, der Unterschied in dieser Beziehung von hinreichender Bedeutung, um die übrigen Nachtheile der Haufenröstung aufzuwiegen.

a. Röstung in Haufen.

Bei der Röstung der Eisensteine in freien Haufen oder Meilern, wie man die Haufen dann zu nennen pflegt, wenn sie einen kreisförmigen Horizontalquerschnitt haben, wendet man verschiedene Methoden an, je nachdem die Eisensteine das zu ihrer Erhitzung nöthige Brennmaterial ganz oder grösstentheils in ihrem natürlichen Zustande beigemengt enthalten, was nur bei den Kohleneisensteinen der Fall ist, oder aber fremdes Brennmaterial zur Röstung angewendet werden muss.

---

[1]) Vergl. Kerl, Metall. Hüttenk. Bd. III, S. 116.

Röstung von Kohleneisenstein.

Der Kohleneisenstein enthält gewöhnlich so viel beigemengte Kohlen und Bitumen (10% und mehr) [1]), dass er zur Röstung keines weiteren Brennmaterials bedarf, sondern in Haufen gestürzt und angezündet von selbst weiter brennt, bis die an Eisenoxydul gebundene Kohlensäure ausgetrieben ist.

Die Höhe der Haufen, welche man behuf der Röstung aufschüttet, ist von der Temperatur abhängig, welche entwickelt werden soll und kann. Je leichter schmelzbar der Eisenstein, und je grösser der Kohlengehalt desselben ist, um so geringer muss die Höhe sein. So giebt man den Haufen zur Röstung der Kohleneisensteine bei Hasslinghauser Hütte eine Höhe von nur 1 Meter (3 Fuss) [2]), auf anderen westphälischen Werken und in Schottland dagegen 3 bis 5 Meter ($9^1/_2$ bis 16 Fuss) Höhe [3]).

Die Breite der Haufen ist insofern von der Höhe abhängig, als ihr Minimum im Allgemeinen gleich der doppelten Höhe sein muss, da der natürliche Böschungswinkel der lose aufgestürzten Erze etwa 45° beträgt. Das Maximum der Breite ist von der Grösse der Erzstücke abhängig. Je grösser diese sind, je grösser mithin ihre Zwischenräume, um so leichter dringt das Feuer in das Innere des Haufens und um so grösser kann die Breite sein. In Westphalen erhalten die Kohleneisensteinhaufen meist eine Breite von 6 bis 9 Meter (19 bis $28^3/_4$ Fuss); in Schottland 10 bis 11 Meter (32 bis 35 Fuss).

Die Länge der Haufen ist von dem Quantum des gleichzeitig zu röstenden Eisensteins abhängig und im Allgemeinen nur durch den zu Gebote stehenden Raum und die Transportverhältnisse (Abfuhrwege, ebenes Terrain u. s. w.), welche durch möglichste Concentration des Betriebes begünstigt werden, bedingt; 40 bis 60 Meter (127 bis 191 Fuss) Länge ist das Gewöhnliche.

Form der Haufen. Im Allgemeinen giebt man den Haufen die Form abgestumpfter Pyramiden mit oblonger Grundfläche, zuweilen solcher mit quadratischer Grundfläche, selten macht man sie abgestumpft kegelförmig oder paraboloidisch mit kreisförmiger Grundfläche, und nennt sie dann Meiler.

Anzünden und Wartung der Haufen. Die Art der Zündung und Wartung eines Kohleneisensteinrösthaufens hängt wesentlich davon ab, ob man den ganzen Haufen mit einem Male, oder die einzelnen Theile

---

[1]) Abthl. I, S. 277. — [2]) Zeitschrift deutscher Ingenieure 1851, S. 296. — [3]) Zeitschr. deutscher Ingenieure II, S. 90.

desselben nach einander abrösten will. Das erstere geschieht gewöhnlich bei kleineren Haufen, das letztere bei grossen und langen Haufen, bei welchen oft das Aufrichten (Setzen), Rösten und Gewinnen (Ziehen) des Eisensteins in der Art vereinigt ist, dass bei einunddemselben Haufen, während er in der Mitte seiner Längenerstreckung im Rösten ist, am einen Ende der abgeröstete Stein schon gezogen, am anderen Ende aber der frische (rohe) Stein noch gesetzt wird. Die Erhitzung muss gleichmässig geschehen und zur völlständigen Röstung genügen, ohne doch zu einer Schmelzung zu führen.

Behuf der Zündung umgiebt man den Fuss des Haufens oder den Theil desselben, welcher zuerst angebrannt werden soll, mit brennenden Steinkohlen, und schützt die dem Winde ausgesetzten Zündstellen durch senkrecht gestellte grössere Eisensteinstücke; oder man umgiebt den Haufen mit einem flachen Graben und wirft in diesen brennendes Kohlenklein, auch wohl glühende Eisensteine aus benachbarten brennenden Haufen, und bedeckt dann den Graben mit rohen Eisensteinen. Das Feuer pflanzt sich ohne weiteres Zuthun in dem frischen Eisensteine fort, wenn er nicht gar zu nass ist, in welchem Falle man Gruben in den Fuss des Haufens machen und das Feuer mehr ins Innere desselben bringen muss. Bei kohlenarmen, schwer entzündlichen Eisensteinen legt man beim Setzen des Haufens mit Holzspähnen gefüllte Zündcanäle an der Sohle an. Bei leicht entzündlichen Eisensteinen genügt es, in Entfernung von einem oder mehreren Metern Zündstellen anzuordnen.

Einige Beispiele werden am besten die Leitung des Betriebes beim Kohleneisensteinrösten veranschaulichen.

Beispiele. In Schottland stürzt man den Kohleneisenstein in 10 bis 11 Meter (32 bis 35 Fuss) breite, 3 bis 4 Meter (9½ bis 12¾ Fuss) hohe Haufen, ebnet die Oberfläche der abgestumpften Pyramide durch Zerschlagen der grösseren aussenliegenden Stücke, zündet in Entfernungen von circa 3 Metern durch brennende Steinkohlen an und bedeckt dann die Mitte der Seitenflächen des Haufens mit Asche und Grubenklein (sehr kleinen Eisensteinstückchen) derartig, dass der Fuss circa 0,75 Meter (2½ Fuss) hoch und der Kopf 1 Meter (3 Fuss) hoch frei bleibt. Beim Fortschreiten des Feuers wird die Bedeckung weiter hinaufgeführt, während die Oberfläche des Haufens sowie der Fuss behuf reichlichen Luftzutritts frei bleibt [1]).

In Westphalen verfährt man folgendermaassen [2]):

Auf der Zeche Neu-Essen II. stellt man Haufen von 9,42 Meter (30 Fuss) Sohlenbreite und 37,66 Meter (120 Fuss) Länge her. Man führt aus grossen Eisensteinstücken niedrige 1,25 Meter (4 Fuss) hohe Umfassungsmauern auf [3]) und spart in denselben Oeffnungen für die Zünd-

---

[1]) Preuss. Zeitschr. f. Bergb., Hütten- u. Sal.-Wesen III, S. 70. — [2]) Op. cit. IX, S. 168. — [3]) Früher machte man 2,17 Meter (5 Fuss) hohe derartige Mauern, deren Fugen man verschmierte, so dass man eigentlich eine Stadel mit Wänden aus Eisenstein hatte.

canäle in 3,76 Meter (12 Fuss) Abstand von einander aus. Diese Zündcanäle erhalten 0,1 Quadratmeter (1 Quadratfuss) Querschnitt und gehen circa 0,94 Meter (3 Fuss) tief in den Haufen hinein.

Die innere Seite dieser Wände und die Umgebungen der Zündcanäle beschüttet man mit zerkleinertem Eisenstein und stürzt den übrigen Raum voll grober Erzstücke, wie sie die Förderung der Grube liefert. In die Mitte wirft man die noch nicht durchgebrannten Stücke vorhergehender Röstungen. Die Zündcanäle werden mit Holz gefüllt, welches man von aussen in Brand setzt. Ist der ganze Haufen in gutem Brande, so werden die Seitenmauern eingerissen und die Stücke, welche dieselben bildeten, oben auf die Oberfläche des Haufens geworfen.

Ein Haufen von circa 10 000 Scheffeln oder 550 Cubikmetern (17 800 Cubikfuss) brennt etwa vier Wochen [1]). Hierbei werden circa 66 Proc. gut geröstet, das Uebrige muss noch einmal in dem nächsten Haufen nachgeröstet werden.

Auf anderen Zechen, z. B. Neu-Essen IV, wo das Erz ärmer an Kohle ist, zerschlägt man sämmtlichen Eisenstein bis zu Faust- oder Kopfgrösse und kann dann die Haufen 2,51 bis 2,82 Meter (8 bis 9 Fuss) hoch aufführen. Man bildet abgestutzte Kegel von 6000 bis 7000 Scheffeln oder 330 bis 385 Cubikmetern (11 000 bis 12 500 Cubikfuss) und zündet sie ringsum mit Holz, welches in einen Graben gelegt wird, an. Die Brennzeit beträgt drei Wochen.

Ist umgekehrt der Eisenstein sehr kohlenreich, wie auf der Grube Neu-Hiddinghausen, so darf man ihn nur 0,63 bis 0,78 Meter (2 bis $2^{1}/_{2}$ Fuss) hoch aufsetzen und vermeidet trotzdem oft ein Sintern nicht vollständig.

Um an Raum zu sparen, erhöht man bei so niedrigen Haufen den bereits beinahe durchgerösteten, aber noch heissen Haufen zwei oder mehrere Male durch Aufschüttung 0,6 bis 1 Meter (2 bis 3 Fuss) starker Schichten frischen Eisensteins.

Man hat in Westphalen einen Röstverlust von 25 bis 46 Proc. am Gewichte, dessen Grösse sich wesentlich nach dem Kohlengehalt des Eisensteins richtet. Die Röstkosten betragen durchschnittlich pro 100 Scheffel [2]) oder 5,496 Cubikmeter (178 Cubikfuss) Eisenstein $3^{2}/_{3}$ bis $4^{1}/_{3}$ Sgr., mithin pro 1 Cubikmeter 8 bis $9^{1}/_{2}$ Pf. 1 Cubikmeter Erz wiegt 1569 bis 1779 Kilogrm. (31,38 bis 35,58 Ctr.).

Ist der Blackband sehr kohlenreich und giebt daher beim Brennen eine hohe Temperatur, so kann man mit ihm zugleich andere Eisensteine, namentlich die häufig auf ebendenselben oder benachbarten Lagern vorkom-

---

[1]) Das Zerkleinern des Eisensteins zum Beschütten der Wände und Canäle kostet für einen solchen Haufen circa 15 Thlr., das Holz $9^{1}/_{2}$ Thlr., mithin stellen sich die Röstkosten für 100 Scheffel, oder für 5,496 Cubikmeter (178 Cubikfuss) Eisenstein auf $7^{1}/_{3}$ Sgr., also pro 1 Cubikmeter auf 1 Sgr. 4 Pf. — [2]) 1 Scheffel = 0,0549 Cubikmeter ($1^{7}/_{9}$ Cubikf.) Erz wiegt circa 86,5 bis 97,5 Kil. (173 bis 195 Pfd.).

menden Thoneisensteine rösten und dadurch die Temperatur auf ein richtiges Maass bringen. Dies geschieht z. B. auf einigen schottischen Werken.

Ist der Blackband dagegen kohlenarm, so bedarf er zuweilen fremden Brennmaterials beim Rösten, und die Röstung unterscheidet sich dann nur durch die geringere Menge der in den Rösthaufen eingeschichteten Kohle von der Röstung anderer Eisensteine.

Einfluss des Schwefelkiesgehaltes beim Rösten. Ist der Kohleneisenstein schwefelkiesreich [1]), so stellt man die Stücke mit ihren Schichtungsflächen nahezu senkrecht, um das Entweichen der Dämpfe zu begünstigen, und bedeckt den Haufen, wie in Schottland, gar nicht an der Oberfläche, wogegen man bei den schwefelkiesarmen Sorten die Oberfläche oft mit feinem Eisenstein vom vorhergehenden Rösten und mit Asche überschüttet, um den Luftzug mehr oder weniger zu hemmen.

Je schwefelkiesreicher ein Kohleneisenstein ist, einer um so höheren Rösttemperatur bedarf er, und um so höhere Haufen wird man anwenden müssen. Man zieht es bei sehr schwefelkieshaltigem Kohleneisenstein zuweilen vor, die Nachtheile einer beginnenden Sinterung in den Kauf zu nehmen, um nur eine möglichste Befreiung von Schwefel zu erzielen.

Kennzeichen der gerösteten Kohleneisensteine. Ein gut gerösteter Kohleneisenstein zeigt eine dunkelrothe Färbung. Ein zu schwach gerösteter Stein dagegen hat mehr oder weniger die natürliche dunkle Farbe ohne Glanz. Die einzelnen Lagen (Bänder), aus welchen der Kohleneisenstein besteht, trennen sich von einander. Man findet oft Stücke, die einem aufgeblätterten Buche nicht unähnlich sind. Solche zu schwach gerösteten Eisensteine zerfallen leicht beim Transport und geben viel pulverförmigen Abgang. Zu stark geröstete Eisensteine sind gesintert oder geschmolzen und zeigen eine blauschwarze, gewöhnlich metallglänzende Färbung. Da im Allgemeinen ein eisenreicher Kohleneisenstein leichter als ein eisenarmer schmilzt, so kann man nach dem Rösten an der mehr oder weniger dunklen Farbe die verschiedene Reichhaltigkeit der einer gleichen Temperatur ausgesetzt gewesenen einzelnen Stücke beurtheilen.

Veränderung des Kohleneisensteins durch das Rösten in freien Haufen. Bereits in der ersten Abtheilung der Eisenhüttenkunde (z. B. S. 347 unter Nro. 7 und 8) sind Analysen gerösteter Kohleneisensteine mitgetheilt. Wir fügen denselben hier noch zwei von Lürmann [2]) angegebene bei, deren erste einen gerösteten Kohleneisenstein von der Grube Oberlevringsbank, deren zweite einen solchen von der Grube Hiddinghausen, beide in Westphalen, angiebt.

---

[1]) Der Schwefelkiesgehalt nimmt meist mit dem Kohlengehalt gleichzeitig zu und ab. — [2]) Berg- und hüttenm. Zeitung 1858, S. 74.

	1.	2.
Eisenoxyd	73,46	46,91
Eisenoxydul	8,70	18,63
Kieselsäure	4,38	19,58
Thonerde	4,12	7,85
Kalk	3,18	3,29
Manganoxyduloxyd	1,79	1,35
Schwefel	0,76	0,69
Phosphorsäure	0,59	0,68
Kohlensäure	—	0,96
	99,98	99,94

Das Verhältniss des Eisenoxyds zum Eisenoxydul ist:

Im Magneteisensteine	1 : 1,000
Im Röstproduct eines kohlensauren Eisenoxyduls bei neutraler Röstatmosphäre	1 : 4,000
Bei dem Erze der Analyse B. Nr. 7 Abthl. I, S. 347	1 : 0,015
„ „ „ „ „ Nr. 8 ebendaselbst	1 : 0,141
„ „ „ obiger Analyse Nr. 1	1 : 0,118
„ „ „ „ „ Nr. 2	1 : 0,397

Man sieht hieraus, dass bei der Röstung in freien Haufen eine starke Oxydation stattfindet, dass also weder die aus dem kohlensauren Eisenoxydul entwickelte Kohlensäure in dem Maasse in Kohlenoxyd umgewandelt wird, um eine reducirende Atmosphäre hervorzubringen, noch der dem Kohleneisenstein beigemengte Kohlenstoff hierzu hinreicht, obwohl trotzdem eine nicht unbedeutende 0,69 bis 0,76 Proc. betragende Menge Schwefel zurückbleibt. Der Kohlensäuregehalt der Erze Nr. 8, I, S. 347 und Nr. 2 obiger Analyse beweist eine nicht genügende Rösttemperatur, welche voraussichtlich durch die grössere Menge freier Kieselsäure in diesen Eisensteinen bedingt wurde.

Röstung der übrigen Eisensteine.

Alle Eisenerze ausser dem Kohleneisensteine bedürfen, wie bemerkt, zur Röstung eines besonderen Brennmaterials, und schon aus diesem Grunde findet die Röstung dieser Erze nur selten in freien Haufen statt. Es unterliegen die Thoneisensteine und Sphärosiderite noch am häufigsten dieser Art der Röstung, namentlich, wenn sie mit Steinkohlen aus demselben oder einem nahe liegenden Schachte gefördert werden, so dass man sich zum Rösten des abfallenden Kohlenkleins bedienen kann, ohne einen weiten Transport nöthig zu haben. Findet eine Haufenröstung auf dem Hüttenplatze statt, so wählt man zur Röstung solche Brennmaterialabfälle, welche in Hochöfen oder in Frischfeuern, Flammöfen u. s. w. nicht gut verwerthet werden können, also kleine Holz- und Steinkohlen, Koksabfälle, ferner Holzspähne, Tannzapfen, kleines Reisig und dergl. mehr. Besseres Brennmaterial, Holzscheite und Stückkohlen benutzt man höchstens als Unterlage (Röstbett). Das Einschichten grösserer Holzscheite

und Kohlenstücke zwischen das Erz ist übrigens auch deshalb nicht empfehlenswerth, weil nach dem Wegbrennen derselben grosse Hohlräume entstehen, welche starken Zug und damit einen allzu heftigen Luftzutritt veranlassen, in Folge dessen der zur vollständigen Abröstung erforderliche Aufwand an Brennmaterial ein weit höherer wird.

Der Brennmaterialverbrauch hängt wesentlich von dem Feuchtigkeitsgehalte und der sonstigen chemischen und physikalischen Beschaffenheit der Erze ab. Was die verschiedenen Brennmaterialien betrifft, so ersetzen nach Mayrhofer [1]) 1000 Kilogrm. (20 Ctr.) Steinkohlen circa 7,42 Cubikmeter (240 Cubikfuss) weiches Scheitholz und circa 500 Kilogrm. (10 Ctr.) Kokslösche.

Form und Dimensionen der Haufen. Die Form der Haufen ist bei dieser Röstung insofern ganz gleichgültig, als man durch die Menge des eingeschichteten Brennmaterials, die Art der Luftzuführung u. s. w. bei jeder Grösse der Rösthaufen die erforderliche Temperatur ohne Schwierigkeit hervorbringen kann. Man wählt indessen gewöhnlich die Form einer abgestumpften Pyramide, deren Seiten den natürlichen Böschungswinkel der Eisensteine haben, seltener die eines Paraboloids. Die gewöhnlichen Dimensionen sind 1,88 Meter (6 Fuss) Höhe, 4,71 bis 6,28 Meter (15 bis 20 Fuss) Sohlenbreite und 4,71 bis 31,38 Meter (15 bis 100 Fuss) Länge.

Die Höhe der Haufen findet ihre Grenze gewöhnlich in der Schwierigkeit des Aufkarrens. Um die letztere und die dadurch wachsenden Kosten möglichst zu vermindern, benutzt man, wenn irgend angänglich, vorhandene Terraindifferenzen in der Art, dass eine Anfuhrbahn in einem höheren Niveau über den Röstplatz geführt wird, und von dort die Erze direct aus den Anfuhrgefässen (am besten den Förderwagen selbst) zu Rösthaufen aufgestürzt werden können, deren Errichtung dann nur noch einiger Planirungsarbeiten bedarf. Hierbei ist indessen zu berücksichtigen, dass die Bahnen der von den Rösthaufen ausstrahlenden Hitze ausgesetzt sind und daher keine Holzunterlagen haben dürfen.

Die Abfuhr des gerösteten Eisensteins erleichtert man wieder dadurch, dass man zwischen je zwei Rösthaufen Gräben aufwirft, deren Böschungen mit Futtermauern versieht und auf ihre Sohle eine Schienenbahn legt, auf der sich die das Erz zur Hochofengicht führenden Wagen bewegen.

Errichtung der Rösthaufen und Leitung der Röstung. Die Sohle, auf der ein Haufen errichtet werden soll, pflegt man aus Lehm oder Thon festzustampfen, zuweilen pflastert man sie mit Ziegelsteinen oder Schlacken.

Auf diese Röstsohle kommt entweder zuerst das Röstbett, eine

---

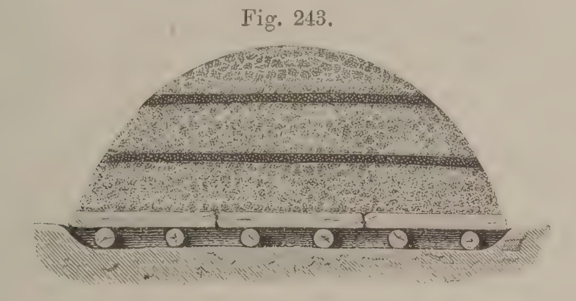
[1]) Tunner's Jahrb. X.

Schicht von Holz- oder Kohlenstücken, und darauf das gröbste Erz, oder es wird zuerst eine schwache Schicht Eisenerz aufgefahren und darauf erst das Röstbett angelegt. Die Wahl der einen oder anderen Methode richtet sich nach der Beschaffenheit der Sohle. Ist dieselbe feucht, so pflegt man die zweite Art der Schüttung vorzuziehen. Bei dem weiteren Aufsetzen des Haufens lässt man Schichten von Eisenstein mit Schichten von Brennmaterial abwechseln und befolgt dabei meist die Regel, die gröberen Stücke Erz nach unten und in die Mitte zu bringen, das Erzklein dagegen als Decke zu benutzen, mittelst deren veränderlicher Stärke während des Röstens der Luftzug leicht reducirt werden kann. Die Erzschichten nehmen von unten nach oben an Stärke zu, die Brennmaterialschichten nehmen an Stärke ab.

In dem Falle, wo sehr grobe und sperrige Stücke mit geröstet werden müssen, würde leicht der Luftzug in den grossen Zwischenräumen ein zu starker werden, und in diesem Falle ist es besser, die kleineren Stücke mit den groben gemengt zu stürzen. Dass indessen die Ungleichheit der Erzstücke auch ein ungleichmässiges Durchrösten zur Folge haben muss, ist selbstverständlich.

Ein solcher Haufen ist in Fig. 243 im Durchschnitt abgebildet. Er hat ein Röstbett von kreuzweis gelegten Holzscheiten und die Erze sind abwechselnd mit zwei Lagen Holzkohle aufgeschüttet.

Fig. 243.



Eisenstein - Rösthaufen.

Beispiele. Zu Malapane in Oberschlesien röstet man die Sphärosiderite, welche aus der Tertiär-, Keuper- und Juraformation (vergl. I. Abthl. S. 326 u. 327) stammen, in freien Haufen. Die Art und Weise der Aufstellung dieser Haufen schildert Herr Hütteninspector Schnackenberg daselbst folgendermaassen:

Auf den möglichst geebneten Boden wird eine circa 0,157 Meter (6 Zoll) hohe Schicht kleiner Holzkohlen gebracht und diese mit einer Lage 0,078 bis 0,104 Meter (3 bis 4 Zoll) starken Astholzes dicht überdeckt. Auf dieses Röstbett kommen drei 0,235 bis 0,314 Meter (9 bis 12 Zoll) starke Lagen Eisenstein, welche jedesmal mit einer 0,157 Meter (6 Zoll) starken Holzkohlenschicht wechseln. Auf die die dritte Eisensteinlage bedeckende Kohlenschicht kommt wieder eine Holzlage (wie beim

Röstbette), dann wechseln noch dreimal Eisenstein- und Kohlenschichten, und schliesslich bildet eine Eisensteinschicht den Kopf des Haufens. Der ganze Haufen erhält die Form einer abgestumpften gleichseitigen Pyramide mit 5,649 bis 6,905 Meter (18 bis 22 Fuss) Seitenlänge der Grundfläche. Die Zündung geschieht am Fusse an möglichst vielen Stellen gleichzeitig und das Feuer theilt sich schnell dem ganzen Haufen mit. Der Haufen wird nun auch äusserlich mit einer 0,078 bis 0,104 Meter (3 bis 4 Zoll) starken Schicht von kleinen Holzkohlen oder Lösche (feinsten abgesiebten Holzkohlenstückchen) überdeckt. Nach drei bis fünf Tagen ist die Röstung beendigt. Ist die Abkühlung hinreichend vorgeschritten, so werden die Eisensteine aus einander gezogen, in faustgrosse Stücke zerschlagen und hierbei die noch nicht durchgerösteten Theile ausgelesen.

Während für die Kohlenlagen stets die Stärke von 0,157 Meter (6 Zoll) festgehalten wird, wechselt man in der Stärke der Eisensteinschichten nach der Grösse der angelieferten Erzstücke. Je grösser dieselben sind, um so schwächer wird die Schicht gemacht. Phosphorfreie Thoneisensteine verlangen eine schwächere Erzlage als phosphorhaltige.

Der Verbrauch an Brennmaterial beträgt im grossen Durchschnitt pro 1 Tonne oder 0,219 Cubikmeter ($7^1/_9$ Cubikfuss) Eisenstein 0,065 Cubikmeter (2,1 Cubikfuss) Holz und 0,087 Cubikmeter (2,8 Cubikfuss) Holzkohle, mithin pro 1 Cubikmeter Erz 0,296 Cubikmeter Holz und 0,396 Cubikmeter Holzkohle.

Das Gedingelohn pro Tonne (0,219 Cubikmeter) gerösteter und zerschlagener Eisensteine schwankt von 1 Sgr. bis zu 1 Sgr. 3 Pf. (pro 1 Cubikmeter also 4 Sgr. 7 Pf. bis 5 Sgr. 8 Pf.), wobei der Tagesverdienst im Sommer 8 bis $8^1/_2$ Sgr., im Winter noch nicht 7 Sgr. erreicht. Es ist hierbei aber nur ein Transport (Anrücken) der Eisensteine von höchstens 70 Schritt eingeschlossen.

Zu Königshütte am Harz röstete man nach Kerl[1]) kalkige Rotheisensteine von Elbingerode[2]) in abgestumpften Pyramiden von 18,83 Meter (60 Fuss) untere Seitenlänge und 2,82 Meter (9 Fuss Höhe). Die Röstsohle war aus Frischschlacken hergestellt. Zu unterst kam eine 0,157 Meter (6 Zoll) starke Eisensteinschicht, darauf eine ebenso starke Schicht kleiner Holzkohlen und dann abwechselnde Eisenstein- und Kohlenschichten, in der Weise, dass die Steinschichten nach oben bis zu 0,261 Meter (10 Zoll) Stärke zu-, die Kohlenschichten bis zu 0,078 Meter (3 Zoll) Stärke abnahmen.

In ähnlicher Weise röstet man einen nicht unbedeutenden Theil der Thoneisensteine von Süd-Wales (vergl. Abthl. I, S. 286) zu Ebbw Vale, Cwm Celyn, Dowlais und auf anderen Werken. Man schüttet zuerst auf den Boden eine 0,052 Meter (2 Zoll) starke Schicht Steinkohlen, dann eine Lage Eisenstein, meist der Dicke der Eisensteinkugeln entsprechend,

---

[1]) Metall. I, S. 378. — [2]) Vergl. Abthl. I, S. 351.

also etwa 0,261 bis 0,314 Meter (10 bis 12 Zoll) stark, darauf Kohlengrus u. s. f., bis der Haufen in Form einer abgestumpften Pyramide 1,569 bis 1,883 Meter (5 bis 6 Fuss) Höhe erreicht hat. Ein solcher Haufen brennt 8 bis 10 Tage.

Nach zuverlässigen Angaben, welche dem Bearbeiter zu Ebbw Vale gemacht worden sind, betragen die Röstkosten:

an Arbeitslöhnen	beim Setzen	4	Pence	= 3 Sgr. 4 Pf.
	beim Ziehen	1	„	= — „ 10 „
an Brennmaterial	$1^1/_2$ Ctr. = 75 Kil. Kleinkohlen	$2^1/_4$	„	= 1 „ 10 „
	$^1/_2$ „ = 25 „ Stückkohlen	$1^1/_5$	„	= 1 „ — „
	zusammen circa	$8^1/_2$	Pence	= 7 Sgr. — Pf.

per 1000 Kil. (20 Ctr.)

An diesen wie an vielen anderen Orten Englands errichtet man oft auch sehr lange Rösthaufen, welche während des Baues angezündet werden und von einem Ende zum anderen abrösten, so dass man, wie dies bei den Kohleneisensteinen bereits beschrieben, in einunddemselben Haufen sowohl fertig geröstete und im Rösten begriffene, als noch rohe Erze vereinigt hat. Eine ähnliche Feuerführung findet zu Witkowitz in Mähren statt. Dort wird nach Mayrhofer [1]) auf den geebneten Boden eine 52 bis 79 Millimeter (2 bis 3 Zoll) dicke Schicht von Kokslösche geschüttet, darüber kommt eine 0,473 bis 0,552 Meter (18 bis 21 Zoll) hohe Schicht des in Magneteisensteinstufen bestehenden Erzes [2]). In dieser Schicht werden die sogenannten Feuergruben 1,26 Meter (circa 4 Fuss) vom Rande und 2,53 Meter (circa 8 Fuss) unter einander entfernt, ausgespart und mit Steinkohlen und Holzspänen gefüllt. Nachdem dieselben angezündet sind, werden sie mit Erzstufen haubenartig bedeckt. Auf diese Erzschicht kommt eine 0,105 Meter (4 Zoll) dicke Kokslöscheschicht, dann eine 0,316 Meter (1 Fuss) starke Erzlage, hierauf wieder 0,105 Meter dick Lösche und schliesslich abermals eine 0,316 Meter starke Erzlage. Ist der Haufen auf eine gewisse Länge in dieser Weise fertig, so schliesst man eine zweite ebenso gebildete Abtheilung an und verfährt dann ebenso mit einer dritten Abtheilung; gleichzeitig mit der Errichtung der letzteren bedeckt man aber den ersten Theil von Neuem mit einer doppelten Lage von 0,105 Meter (4 Zoll) starken Kokslöscheschichten und 0,316 Meter (1 Fuss) dicken Erzschichten. Bei dem Anbau einer weiteren Fortsetzung des Haufens verfährt man mit der zweiten Abtheilung ebenso u. s. f.

Man verbraucht auf 1000 Kilogrm. (2000 Pfund) Erz 0,0056 Cubikmeter (0,182 Cubikfuss [3]) Scheitholz zum Zünden, ferner 7,2 Kilogrm. (14,4 Pfund) Mittelkohle [4]) und 37 Kilogrm. (74,2 Pfund) Kokslösche.

In Holling Wood bei Stavely wird nach Herold [5]) Sphärosiderit in 3,76 bis 4,71 Meter (12 bis 15 Fuss) hohen Haufen unter Zusatz von

---

[1]) Tunner's Jahrb. Bd. 10, S. 303. — [2]) Vergl. Abthl. I, S. 368. — [3]) Pro 100 Pfund österr. 0,01 Cubikfuss österr. — [4]) Steinkohle in Stücken von 3 bis 9 Cubikzoll. — [5]) Preuss. Zeitschr. für Berg-, Hütten- u. Salinenwesen Bd. III, S. 71.

1 Gewichtstheil Steinkohle auf 4 Gewichtstheile Eisenstein geröstet. Es wird auf dem Röstplatze zuerst ein Bett aus groben Kohlen gebildet, darauf folgen abwechselnd 0,314 bis 0,392 Meter (12 bis 15 Zoll) hohe Eisensteinlagen, bedeckt mit dünnen Schichten Staubkohle. Das Anzünden geschieht vom Fusse aus.

b. Röstung in Oefen.

Im Allgemeinen sind die Erzröstöfen für einen beständigen Betrieb eingerichtet in der Weise, dass von Zeit zu Zeit an ihrem unteren Theile fertig geröstetes Erz ausgezogen und in den oberen Theil rohes Erz eingeschüttet wird, obwohl die Menge des gleichzeitig gezogenen Erzes sehr variirt, und man gleichzeitig bald kaum $^1/_6$ oder $^1/_8$ der ganzen Füllung, bald nahezu den gesammten Inhalt aus dem Ofen entfernt. Nur ausnahmsweise werden Oefen mit vollständig unterbrochenem Betriebe benutzt, d. h. Oefen, welche nach jedem Brande ganz entleert werden und erst wieder abkühlen müssen, ehe eine neue Menge Erz darin geröstet werden kann. Zu den letzteren Oefen gehören die Stadeln, d. h. Oefen von oblongem und zu ihrer Höhe verhältnissmässig grossem Horizontalquerschnitt, welche den Uebergang von den Haufen zu den Oefen bieten, da sie eigentlich nur beständig bleibende Umfassungswände darstellen, welche einen Haufen einschliessen.

α. Röstung in Stadeln [1]).

Anwendung und Vortheile der Stadelröstung. Das Rösten in Stadeln ist nur an wenigen Orten gebräuchlich. Die Stadeln haben den Vorzug gegen die offenen Haufen, dass der Zutritt der Luft besser regulirt werden kann und die Einflüsse der Witterung mehr abgehalten, namentlich auch die Nachtheile einseitig wirkenden Windes abgeschwächt werden, und daher eine gleichmässigere Röstung sowie bessere Ausnutzung des Brennmaterials stattfindet; ohne dass jedoch in diesen Beziehungen die Vollkommenheit der eigentlichen Oefen erreicht würde. Die Stadeln theilen nämlich mit den offenen Haufen in Folge ihres intermittirenden Betriebes die Ausgaben für hohe Arbeitslöhne, welche sich durch die Beschwerlichkeit des Aufschüttens und Ausziehens des Eisensteins in engen, begrenzten Räumen hier sogar noch erhöhen, und haben gegen die Haufen ferner den Nachtheil, wegen der erforderlichen längeren Abkühlung mehr Zeit zum Rösten in Anspruch zu nehmen, ausserdem auch die Zinsen des Anlagecapitals und die Reparaturkosten für das Mauerwerk zu beanspruchen. Ihre wichtigste Anwendung finden die Stadeln beim Rösten mulmiger Eisenerze, welche in offenen Haufen sich nicht gut aufschichten lassen und in Oefen zu dicht liegen, um den heissen Gasen den Durchgang zu gestatten.

---

[1]) Man braucht das Wort Stadel in allen drei Geschlechtern. Gewöhnlich sagt man aber die Stadel, und wir haben deshalb auch das Genus femininum beibehalten, obwohl das Neutrum der Analogie nach richtiger sein dürfte. Es soll nämlich wohl ursprünglich dadurch eine abgegrenzte kleine Stätte, ein Stättel, bezeichnet werden.

Einrichtung der Stadeln. Eine Stadel besteht meist aus drei 1,88 bis 3,76 Meter (6 bis 12 Fuss) hohen festen Mauern. Die vierte Seite des Raumes wird nur temporär während des Brandes geschlossen, bleibt aber beim Füllen und Ausziehen des Eisenerzes offen. Zuweilen findet man nur zwei parallele Mauern und daher zwei Ein- und Ausfuhröffnungen, welche während des Brandes zugesetzt werden. Zuweilen sind auch vier Wände vorhanden und eine derselben nur von einer schmalen Thür durchbrochen.

Gewöhnlich liegen mehrere Stadeln in einer Reihe neben einander, so dass je zwei eine Wand gemeinschaftlich haben; nicht selten baut man zwei Reihen solcher Stadeln an eine gemeinschaftliche Rückwand.

Luftzuführung. Die Wände der Stadeln sind theils mit einer nahe der Sohle gelegenen Reihe von Oeffnungen versehen, welche den Luftzutritt bedingen und durch deren theilweisen Verschluss (mit lose eingesetzten Ziegelstücken, seltener durch eiserne Schieber) man die Luftmenge reguliren kann; theils bringt man mehrere Reihen Luftöffnungen über einander an.

Es kommen manche Abweichungen von dieser einfachen Luftzuführung vor: Zuweilen leitet man die Luft in Canälen unter die Sohle und lässt sie durch Roste in das Innere der Stadel treten, zuweilen spart man in den Rückwänden der Stadeln Zugessen aus, oder man baut in der Mitte des Stadelfeldes eine oder mehrere besondere Essen. Letztere werden entweder aus Ziegelsteinen, welche man in Verband aber mit Zwischenräumen aufsetzt, oder aus Eisensteinstücken gebaut. Da in allen solchen Fällen der die Stadel füllende Eisensteinhaufen mit Canälen versehen sein muss, welche aus Eisensteinstücken hergerichtet werden und den Zweck haben, die Communication der von den Seiten oder der Sohle eindringenden Luftströme mit den Zugessen zu vermitteln, so erfordert die Einrichtung derselben jedesmal so viel Mühe und Arbeitslöhne, dass die Vortheile der Stadelröstung gegenüber der Haufenröstung durch diese Nachtheile meistens vollständig aufgewogen werden.

Brennmaterial. Wird Kohleneisenstein in Stadeln geröstet, so bedarf derselbe keines besonderen Brennmaterials. Bei allen anderen Eisensteinen schichtet man das Brennmaterial in ähnlicher Weise abwechselnd mit dem Erze auf, wie bei den freien Haufen.

Zur besseren Ausnutzung der Wärme bringt man zuweilen nach dem beinahe vollendeten Abrösten einer Stadelfüllung noch einmal oder zweimal frische Schichten von Brennmaterial und Erz auf. Man nennt diese in Steiermark gebräuchliche Methode das Doppeln, Dritteln etc.

Mayrhofer[1]) giebt als Durchschnitt an, dass man in einer Röststadel von 3,79 Meter (12 Fuss) Länge, 2,69 Meter ($8^1/_2$ Fuss) Breite,

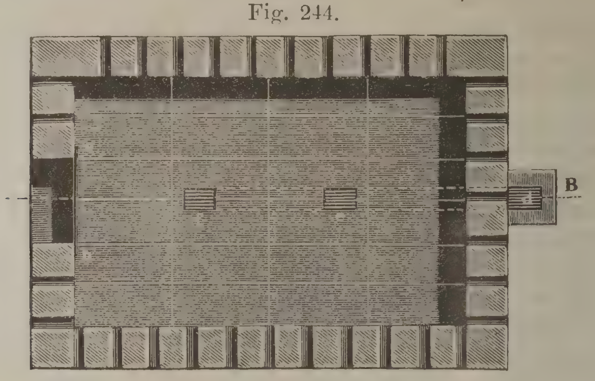
---

[1]) Tunner's Jahrbuch Bd. 10.

2,84 Meter (circa 9 Fuss) Höhe zu 1000 Kilogrm. (2000 Pfund) thonigem Sphärosiderit (zu $^2/_3$ aus Stufen und zu $^1/_3$ aus Erzklein bestehend) 0,173 bis 0,115 Cubikmeter (5,47 bis 7,3 Cubikfuss) weiches Scheitholz gebraucht habe, oder bei Anwendung von Holzkohlen 6 bis 8 Proc. des Erzgewichtes an Kohle und 0,0575 bis 0,0865 Cubikmeter (1,82 bis 2,74 Cubikfuss) Anzündeholz; doch finden in der Praxis sehr bedeutend abweichende Verhältnisse statt.

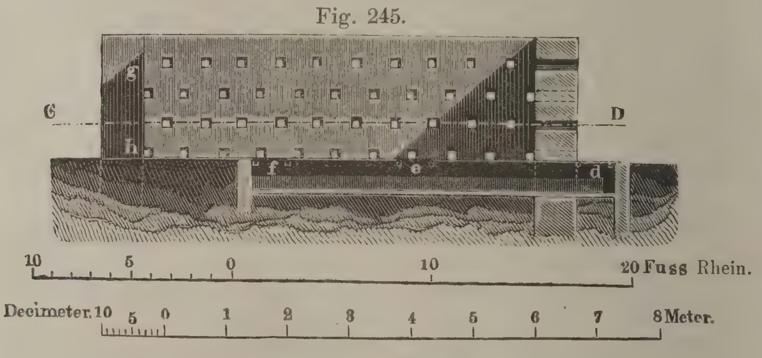
Beispiel. In Ilsenburg am Harz röstet man ausschliesslich Brauneisenerze in Stadeln und unter diesen vorzugsweise die mulmigen Sorten. Eine solche Stadel ist in Fig. 244 im Grundriss und in Fig. 245 im Verticaldurchschnitt abgebildet [1]).

Fig. 244.



Durchschnitt nach *CD*.

Fig. 245.



Durchschnitt nach *AB*.

Ilsenburger Röststadel.

Sie besteht aus vier Umfassungsmauern, deren vordere mit einer 1,41 Meter ($4^1/_2$ Fuss) breiten Oeffnung behuf Zufuhr von Erz und

[1]) Die Zeichnungen und die übrigen Angaben verdankt der Bearbeiter der Güte der Herren Oberhütteninspector Schott zu Ilsenburg und Ingenieur Ledebur zu Berlin.

Brennmaterial versehen ist. Die Wände sind von vier Reihen Luftcanälen durchbrochen, welche circa 0,156 Meter (6 Zoll) im Quadrat Querschnitt haben. Die Sohle ist aus eisernen, durch Falze in einander greifende Platten gebildet. Unter der Mitte der Sohle läuft ein Canal hin, welcher von dem mit der Atmosphäre in Verbindung stehenden Roste *d* die Luft durch die zwei Roste *e* und *f* in das Innere der Stadel führt. Die Oeffnung in der Vorderwand wird beim Aufschichten des Erzes nach und nach mit eisernen Platten *h g* verschlossen.

Als Brennstoff dient Quandelkohle, d. h. die kleinste Holzkohle, welche für den Hochofen unbrauchbar ist und schon deshalb ausgehalten [1]) werden muss; nur an den Umfassungswänden benutzt man Reisig, um von dort her durch die Luftcanäle den Verbrennungsprocess einzuleiten. Man fährt, wie bei der Haufenröstung, Erz und Kohlen schichtenweise in der Weise über einander, dass die Brennmateriallagen von unten nach oben an Stärke ab-, die Erzlagen an Stärke zunehmen, lässt aber in der Mitte zwischen Rost *e* und *f* einen schachtförmigen Raum frei, welcher circa 0,471 Meter (18 Zoll) im Quadrat Querschnitt hat und mit Kohle ausgesetzt wird. Nachdem die Stadel bis oben gefüllt worden ist, bringt man von aussen durch die Zugöffnungen Feuer hinein und überlässt den weiteren Röstprocess sich selbst. Von den vorhandenen zwei Stadelöfen fasst der grössere, welcher in den Figuren 244 und 245 dargestellt ist, 90 Fuder à 0,734 Cubikmeter ($23^3/_4$ Cubikfuss) = 66,06 Cubikmeter (2138 Cubikfuss), der kleinere 60 Fuder = 44,03 Cubikmeter (1425 Cubikfuss) Erz. Zum Rösten von je 3,09 Cubikmeter (100 Cubikfuss) Erz gebraucht man 1,11 Cubikmeter (36 Cubikfuss) = 140 Kilogrm. (280 Pfund) Kohle und 13 Stück Reisigbündel, mithin pro 1 Cubikmeter Erz 0,359 Cubikmeter Kohle und $4^1/_5$ Stück Reisigbündel. Die tägliche Arbeitsleistung eines Arbeiters beträgt 5 Fuder = 3,55 Cubikmeter (115 Cubikfuss) Erz; d. h. ein Mann ist im Stande, in der angegebenen Zeit dieses Quantum nebst dem zum Rösten erforderlichen Brennmaterial in die Stadel zu schaffen und ein gleiches Quantum gerösteten Steins aus der zweiten Stadel herauszuholen.

Das Rösten in den Stadeln erfordert einen höheren Aufwand an Brennmaterial, als das Rösten in Oefen auf demselben Hüttenwerke. Die mulmigen Erze lassen aber in Oefen keine gute Röstung zu, und deshalb behält man die Stadelröstung trotzdem bei.

β. Röstung in Schachtöfen.

Die Schachtöfen, in welchen Eisensteine geröstet werden, zerfallen, wie bereits S. 418 erwähnt wurde, in zwei Arten, nämlich solche, in welchen die Erze mit dem zu ihrer Erhitzung dienenden festen Brennmaterial geschichtet aufgegeben werden, und solche, bei denen nur heisse Gase mit den Erzen in Berührung kommen. Im letzteren Falle werden diese Gase

---

[1]) Unter „Aushalten" versteht der Berg- und Hüttenmann Auslesen und gleichzeitig Ansammeln.

entweder in Form von Verbrennungsproducten aus festen oder gasförmigen Brennmaterialien, welche ausserhalb des Ofens verbrannt worden sind, in den Ofenraum eingeführt, oder es werden gasförmige Brennmaterialien, Hochofen- oder Generatorgase, innerhalb des Ofenraumes, also zwischen den Erzen, verbrannt.

1. Röstung mit eingeschichtetem, festem Brennmaterial.

Die neueren Oefen, bei welchen in abwechselnden Schichten Erze und Brennmaterial aufgegeben werden, sind ausnahmslos auf continuirlichen Betrieb eingerichtet, während die älteren hierher gehörigen Apparate häufig nur einen unterbrochenen Betrieb zuliessen. Der Nachtheil, welcher bei letztgenannter Einrichtung durch die stete Abkühlung des Ofens nach jedesmaliger Röstung herbeigeführt wird, ist zu gross, als dass die Einfachheit der Construction auch nur ein annäherndes Aequivalent dafür bieten könnte.

Die Form und Einrichtung der Oefen, welche auf beständigen Betrieb eingerichtet sind, ist sehr mannigfaltig und unterscheidet sich namentlich in Bezug auf die Anordnung der Zuführungen für die Verbrennungsluft und die Anordnung der Ausziehöffnungen für das geröstete Erz. Andere Unterschiede werden durch die localen Terrainverhältnisse, durch die Art der Erze und des Brennmaterials und das Quantum des durchzusetzenden Eisensteins bedingt, während von dem vorhandenen Ofenbaumaterial die Construction wenig abhängig ist, weil bei der verhältnissmässig geringen Temperatur, welche während des Röstprocesses herrscht, hinreichend standhafte Steine und Ziegeln fast immer zu beschaffen sind.

Form des Ofenschachtes.

Verticalschnitt. Bei den Röstöfen älterer Construction findet man im Verticalschnitt häufig eine dem Hochofen nachgeahmte Schachtform, d. h. eine Erweiterung etwa in der halben Höhe des Ofens und eine Verengung sowohl an der Gicht als im unteren Theile, wie dies z. B. Fig. 246 zeigt. Später pflegte man allgemein eine von geraden Linien begrenzte Form zu wählen und gab bald dem Ofen in allen Theilen dieselbe Weite, bald verengte oder erweiterte man ihn allmälig nach der Gicht zu.

Da man mit verhältnissmässig geringen Temperaturen zu arbeiten hat, welche niemals bis zur Schmelzung des Erzes steigen dürfen, so wird zur Erreichung des Zweckes im Allgemeinen zwar jede Schachtform genügen; da man aber ausserdem auf möglichste Ersparniss an Brennmaterial zu sehen hat, so wird diejenige Ofenform die beste sein, welche die Wärme am besten ausnutzt. Eine möglichst vollständige Wärmeausnutzung findet nur statt, wenn die aufsteigenden heissen Gase ihre Geschwindigkeit allmälig verringern und so Gelegenheit haben, ihre Wärme vollkommen

an die zu erhitzenden, ihnen entgegenrückenden Erze abzugeben. Dieser Bedingung entspricht eine nach oben stetig erweiterte Ofenform.

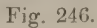
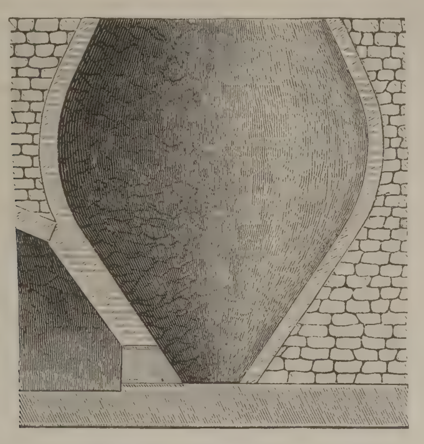


Fig. 246.



Aelterer schlesischer Röstofen.

In der That hat auch die Erfahrung gelehrt, dass bei stark verengter Gicht die Temperatur im oberen Theile des Ofens dermaassen steigen kann, dass namentlich bei leichtflüssigen Erzen schon dort eine Sinterung des Erzes, in Folge dessen eine unvollkommene Röstung und ein ungleichmässiger Niedergang der Erze eintritt.

Nur wenn man Erze mit sehr hohem Gehalt an hygroskopischem Wasser zu rösten hat, oder wenn die Erze mulmig sind und daher sehr dicht liegen — beides seltene Fälle — könnte sich eine Verengung der Gicht deshalb empfehlen, weil in jenem Falle die Temperatur des Ofens an der Gicht an und für sich schon durch die Verdampfung des Wassers bedeutend erniedrigt wird, in diesem Falle aber beim Niedergange der dicht liegenden Erze eine nach unten eintretende Erweiterung des Ofens die Ausbreitung derselben und damit den Aufgang der Gase erleichtert. Aehnlich wie mulmige Erze verhalten sich auch solche Erze, die bei der Erhitzung in sehr kleine Stücke zerspringen, namentlich manche kalkhaltige Roth- und Magneteisensteine. Um ein zu dichtes Liegen solcher während des Röstens zerkleinerter Erze zu verhindern, genügt indessen schon eine geringe Abweichung der Wände von der verticalen Richtung.

Die Höhe der Schachtöfen richtet sich wesentlich nach der Festigkeit der Erze, da hier noch mehr als im Hochofen wegen des nach dem Rösten folgenden Umstürzens eine Zermalmung vermieden werden muss. Diese Höhe schwankt zwischen 2,5 und 5 Meter (16 und 8 Fuss).

Horizontalquerschnitt des Ofenschachtes. Gewöhnlich macht man den Horizontalquerschnitt des Schachtes in allen Theilen kreisförmig, nicht selten oblong, zuweilen quadratisch, polygon oder oval.

Der kreisförmige Querschnitt hat folgende Vorzüge: Die im Ofen aufsteigenden Gase arbeiten nach allen Seiten hin unter gleichen Verhältnissen, die Röstung wird daher gleichmässig. Ferner ist die Wärmeausstrahlung am geringsten, weil von allen ebenen Figuren der Kreis den grössten Flächeninhalt im Verhältniss zu seinem Umfange hat; endlich ist auch der Ofen bei diesem Querschnitte am haltbarsten herzustellen.

Dagegen darf bei dem kreisförmigen Querschnitte eine gewisse Grösse desselben nicht überschritten werden; es wird sonst die Arbeit des Aufgebens zu schwierig und dadurch leicht der gleichmässige Niedergang des Erzes gefährdet. Ausserdem ist in Betracht zu ziehen, dass die Herstellung eines kreisförmigen Ofens wegen der dazu erforderlichen Steine von besonderer Form am kostspieligsten, und der Raum, welcher von einem solchen Ofen beansprucht wird, am grössten ist.

Ein oblonger Querschnitt hat den Vortheil, bei einer zweckmässig gewählten Breite eine beliebige Länge zuzulassen und daher für jedes Röstquantum eingerichtet werden zu können, ausserdem eine bequeme Beschickung zu gestatten und keine besonders geformten Steine für das Mauerwerk zu erfordern. Dagegen wird die hinreichende Gleichmässigkeit der Röstung nur bei sorgfältiger Beschickung erreicht werden können, auch wird die Wärmeausstrahlung verhältnissmässig gross sein und die nöthige Haltbarkeit des Mauerwerks nur durch grössere Stärke desselben oder durch stärkere Verankerung sich herbeiführen lassen.

Der quadratische Querschnitt ist an sich der schlechteste, denn an den Ecken bleiben die Erze hängen, und es bilden sich dort gewöhnlich Erzanhäufungen, welche unbeweglich als todte Masse im Ofen verbleiben und somit den nutzbaren Querschnitt bedeutend verengen. Nichtsdestoweniger hat man an einigen Orten mit gutem Vorbedachte diesen Querschnitt gewählt. Wenn nämlich die Erze sehr dicht liegen, mithin bei gleichmässiger Vertheilung in einem kreisförmigen Querschnitte den Heizgasen nur schwierig den Aufgang gestatten, so befördern dagegen die lockeren Erzanhäufungen in den Ecken eines quadratischen Raums den Zug an diesen Stellen; und wenn man nun derartig beschickt, dass die gröberen, locker liegenden Stücke in die Mitte kommen, die kleineren und dichter liegenden dagegen in die Ecken, so erreicht man dadurch eine Gleichmässigkeit der Röstung, welche in runden oder stark oblongen Oefen nicht zu erzielen ist. Jedenfalls ist indessen dieser Querschnitt auch unter solchen Umständen nur bei kleineren Dimensionen anwendbar.

Polygone Querschnitte stehen in Bezug auf Brauchbarkeit zwischen den quadratischen und kreisförmigen. Mit ersteren theilen sie die Schwierigkeit richtiger Beschickung und die Leichtigkeit der Bauart, mit letzteren die Gleichmässigkeit des Erzniederganges und die Festigkeit der Construction in um so grösserem Grade, je mehr sie sich der einen oder der anderen Form annähern.

In einzelnen Fällen macht man den unteren Theil des Schachtes quadratisch und den oberen kreisförmig. Man schliesst dann den oberen

Theil mittelst eines polygonen Ueberganges an den unteren an. Solche Oefen finden sich im Siegerlande.

Luftzuführungs- und Ausziehöffnungen der Röstöfen. Die Oeffnungen, welche zur Luftzuführung dienen, und diejenigen, welche man zum Ausziehen des fertig gerösteten Materials benutzt, können nicht getrennt betrachtet werden, da zwar nicht alle Luftzuführungsöffnungen zum Ausziehen der Erze benutzt werden, durch alle Ausziehöffnungen aber Luft in den Ofen gelangt. Beiderlei Arten von Oeffnungen sind dem Zwecke des Ofens entsprechend stets an seiner Sohle oder wenigstens an seinem untersten Theile angebracht. Höher hinauf gelegene Oeffnungen behuf Zuführung von atmosphärischer Luft zur Verbrennung des in tieferen Theilen gebildeten Kohlenoxyds sind öfters versuchsweise, aber selten mit Erfolg angewendet worden, weil die Menge des Kohlenoxyds gegen die übrigen Gasarten und den Wasserdampf zu sehr zurücktritt, und ausserdem die dadurch an den Wänden des Ofens hervorgerufenen localen Temperaturerhöhungen Ungleichmässigkeiten in der Röstung und Störungen im Gange hervorrufen.

Die Luft wird entweder durch ungetheilte Oeffnungen, die dann stets gleichzeitig Ausziehöffnungen sind, oder durch Roste, welche dann nur in einzelnen Fällen beide Zwecke gleichzeitig erfüllen, zugeführt. Im letzteren Falle bildet der Rost meistentheils die Sohle des Ofens. Man unterscheidet hiernach Röstöfen mit und ohne Rost.

Röstöfen ohne Rost.

Die Röstöfen ohne Rost findet man in England ganz allgemein, ja beinahe ausschliesslich; in Deutschland wiegen diejenigen mit Rost vor.

Die Zahl der Auszieh- und Luftzutrittsöffnungen der Oefen ohne Rost richtet sich nach ihrer Form. Oefen mit oblongem Querschnitt erhalten meist eine, solche von quadratischem Querschnitt zwei, diejenigen mit rundem Querschnitt drei oder vier derartige Oeffnungen. Die Sohle des Ofens ist nach den Ausziehöffnungen zu geneigt und hat daher theils die Gestalt einer einfachen schiefen Ebene, theils die Form eines Sattels, theils die einer flachen Pyramide.

Oblonge Röstöfen. In Fig. 247 und Fig. 248 (a. f. S.) sind Röstöfen ohne Rost, wie sie in Dowlais (in Süd-Wales) zum Rösten von Sphärosideriten aus der Steinkohlenformation [1]) gebraucht werden, abgebildet.

Fig. 247 ist eine äussere Ansicht von vorn, in welcher die punktirten Linien die Grenzen des inneren Ofenraumes bedeuten, während Fig. 248 einen Verticaldurchschnitt nach der Linie AB zeigt. Diese Oefen haben einen oblongen Horizontalschnitt und einen allmälig nach oben erweiterten Schacht. Sie besitzen nur an einer Seite Ausziehöffnungen

---

[1]) Vergl. Abthl. I, S. 286.

und nach dieser Seite hin ist der in der Regel mit gusseisernen Platten belegte Boden etwas geneigt. Die Ausziehöffnungen, welche also hier

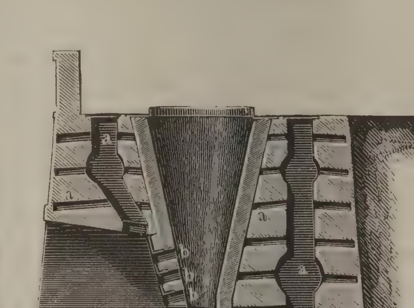
Fig. 247.

B

A

Vorderansicht.

Fig. 248.



Verticalschnitt nach AB der Fig. 247.

Eisenstein-Röstofen von Dowlais.

Fuss 10 5 0 5 10 15 20 25 30 Fuss Pr.

Fuss 10 5 0 5 10 15 20 25 30 Fuss Engl.

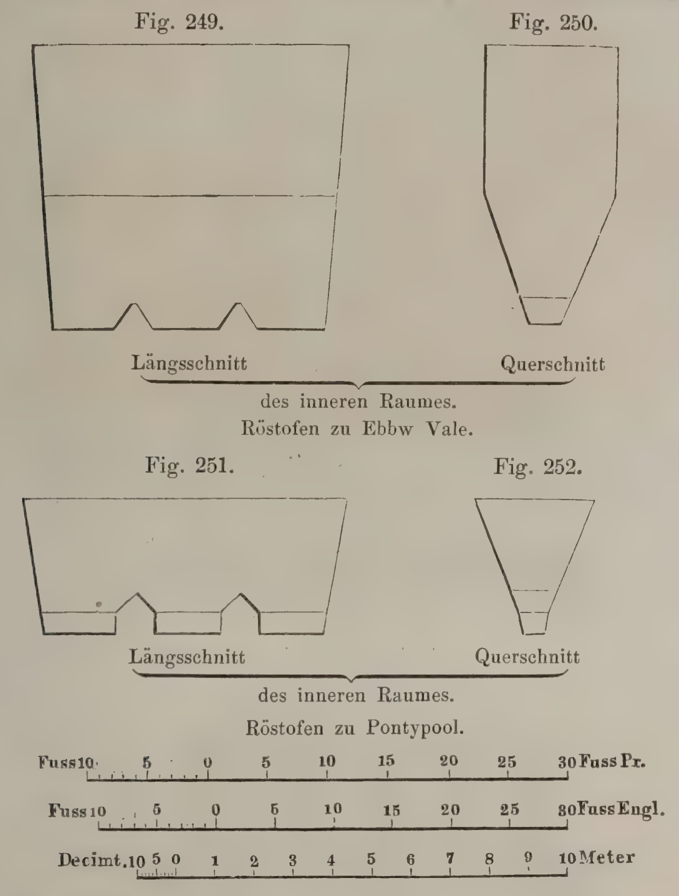
Decimt. 10 5 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Meter

zugleich die Luftzutrittsöffnungen sind, nehmen beinahe die ganze Breite der vorderen Seite ein oder sind durch einen Haupt- und zwei Nebenpfeiler in vier Abtheilungen, *c c*, getrennt. Sie sind nach oben durch ein flaches Gewölbe, oder, wie Fig. 248 zeigt, durch Eisenbalken abgeschlossen. Darüber setzt sich die Vorderwand auf eine gewisse Höhe nur in der Stärke des Schachtfutters fort, und in diesem Theile sind mehrere Oeffnungen *b b* angebracht, welche zwar hin und wieder auch zur Regelung des Luftzutrittes benutzt werden, gewöhnlich aber nur als sogenannte Störräume dienen, deren Zweck weiter unten beim Betriebe des Röstens erläutert werden wird.

Die schmalen Wände der Oefen, welche je zwei an einander stossenden Rösträumen gemeinschaftlich sind, haben wie die langen Wände einige Neigung nach innen, so dass sich auch in dieser Richtung der Schacht von der Sohle nach der Gicht zu allmälig erweitert. In der Mitte der Sohle ist eine sattelförmige Erhöhung angebracht, welche bewirkt, dass das Erz gleichmässig nach den beiden Paaren der Ausziehöffnungen hinrollt.

In Fig. 249 und Fig. 250 sind zwei rechtwinklig zu einander stehende Verticalquerschnitte der inneren Räume von Röstöfen zu Ebbw Vale, in Fig. 251 und Fig. 252 ebensolche Querschnitte der Röstöfen zu Ponty-

pool in Süd-Wales abgebildet. In diesen beiden Constructionen hat jeder Ofen oder vielmehr jede Ofenabtheilung drei Ausziehöffnungen, und



die Schachtquerschnitte unterscheiden sich in Form und Dimensionen von denen der zu Dowlais befindlichen Röstöfen, haben aber wie jene einen oblongen Horizontalquerschnitt.

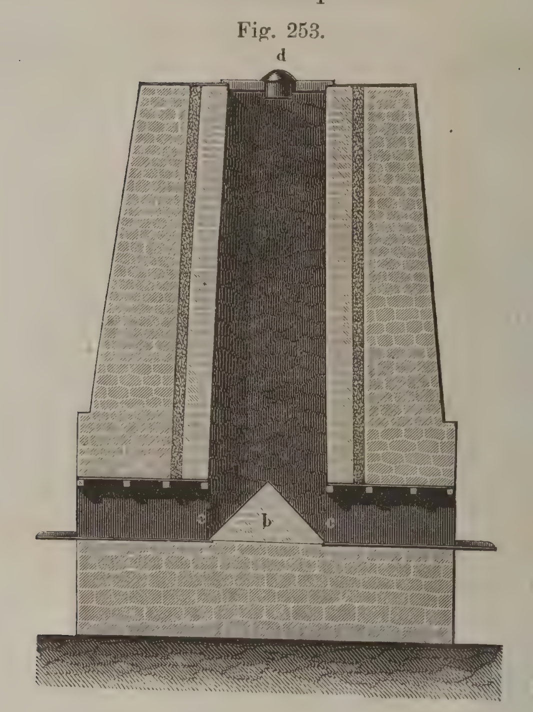
Quadratische Röstöfen. In Fig. 253 und Fig. 254 (a. f. S.) ist ein Röstofen ohne Rost mit quadratischem Horizontalquerschnitte des Schachtes dargestellt, wie solche zu Ilsenburg am Harze angewendet werden.

Fig. 253 ist ein Verticaldurchschnitt nach der Linie AB, Fig. 254 die obere Ansicht. Der Schacht ist nach oben etwas zusammengezogen, um die in kleinen Brocken aufgegebenen, daher sehr dicht liegenden Rotheisenerze [1]) bei ihrem Niedergange aufzulockern.

Die Sohle besteht aus einem gemauerten Dache b, welches nach den

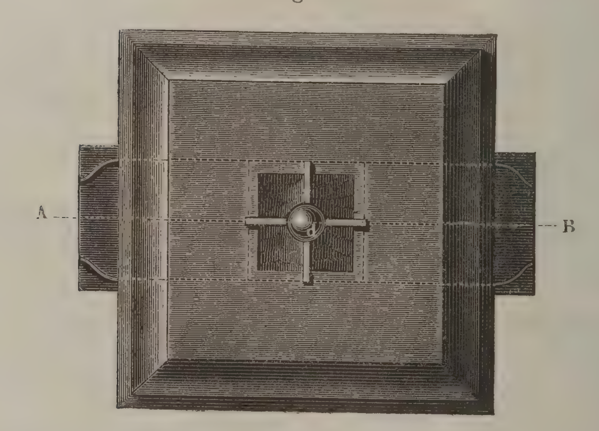
[1]) Vergl. Abthl. I, S. 351.

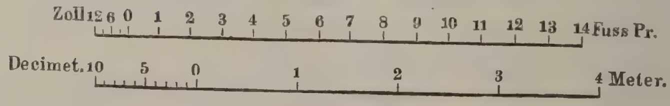
Fig. 253.



Verticalquerschnitt.

Fig. 254.



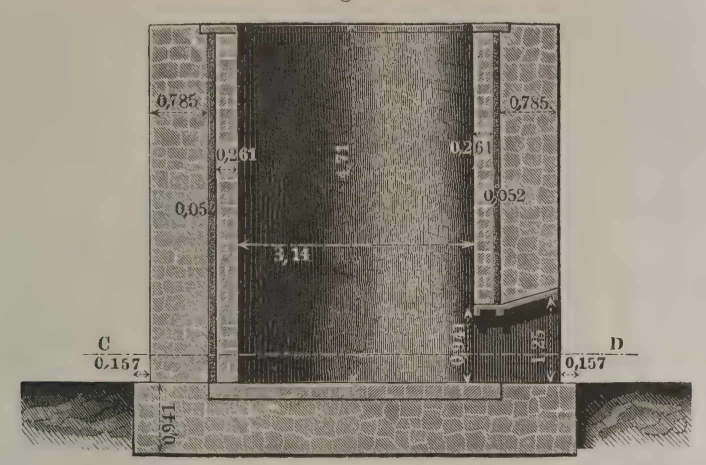


Obere Ansicht.

Röstofen zu Ilsenburg am Harz.

beiden die ganze Breite des Ofenschachtes einnehmenden Ausziehöffnungen *c c* abfällt. Die Ausziehöffnungen sind rings von eisernen Platten

Fig. 255.



Verticalquerschnitt.

Fig. 256.

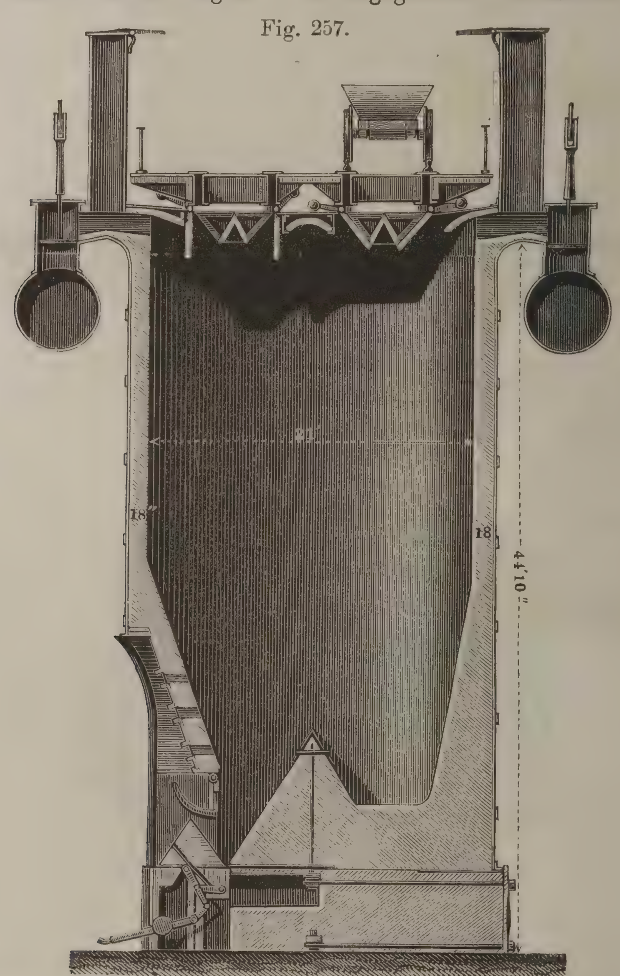
Horizontalquerschnitt.

Röstofen zu Charlottenhütte bei Siegen.

eingefasst, von denen die unteren über das Ofengemäuer hinaus vorspringen, um den Wagen, worin das Erz zum Ofen geschafft wird, Raum zu gewähren und ihre Beladung zu erleichtern.

Kreisförmige Röstöfen. Fig. 255 und Fig. 256 (a. vor. S.) stellen einen zur Röstung von Spatheisenstein [1]) dienenden Ofen mit vollkommen cylindrischem Schachte und ebener Sohle dar, welcher drei Ausziehöffnungen in dem äusserlich sechseckigen Gemäuer besitzt. Solche Oefen werden zu Charlottenhütte bei Siegen in den angegebenen Dimensionen benutzt.

Fig. 257.



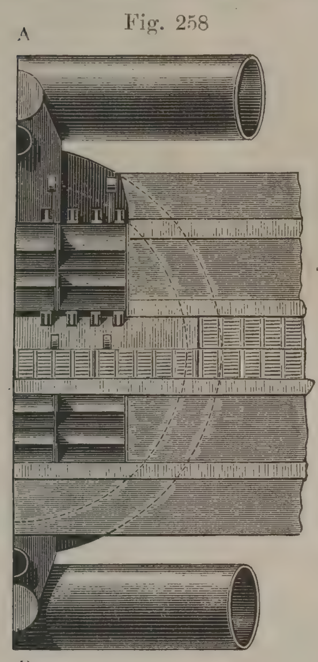
Verticalquerschnitt nach Linie *AB* der Fig. 258.
Röstofen zu Cleveland.

[1]) Vergl. Abthl. I, S. 332.

Obwohl die ebene Sohle scheinbar das Herausziehen der Erze beeinträchtigt, so ist dies doch in Wirklichkeit nicht der Fall. Es bildet sich vielmehr beim Betriebe auf der Sohle bald ein Kegel oder vielmehr ein dreiseitiges Prisma von Erz, welches wenig verändert wird, stetig liegen bleibt und auf dessen Flächen das herabsinkende geröstete Erz beim Ziehen zu den Oeffnungen hinabgleitet.

Während die Dimensionen der Röstöfen ohne Rost sich gewöhnlich in den Grenzen der bisher mitgetheilten Beispiele bewegen, hat man für Erze von sehr fester Beschaffenheit weit grössere Verhältnisse angewendet. So ist auf den Cleveland-Eisenwerken zur Röstung der dortigen Lias-Erze[1]) von Borrie ein Ofen construirt, welcher in Fig. 257 und Fig. 258 abgebildet ist[2]). Derselbe hat einen cylindrischen Schacht von 6,40 Meter (20,4 Fuss) Durchmesser und 12,2 Meter (38,8 Fuss) Höhe im Innern. Der Ofen fasst 550 tons = 558 800 Kilogrm. (11 176 Ctr.) Erze und producirt 150 bis 200 tons = 152 400 bis 203 200 Kilogrm. (3048 bis 4064 Ctr.) Röstgut per Tag. Die drei Ausziehöffnungen liegen behuf leichterer Verladung der gerösteten Erze circa 1,83 Meter (5,8 Fuss) über der Hüttensohle. Sie sind mit Schiebern versehen, welche zur Oeffnung behuf Herausnehmens des Erzes nicht wie gewöhnlich aufwärts gezogen, sondern abwärts gelassen werden, so dass also das Erz über die Oberkante dieses Schiebers hinausrollt. Ueber jeder Ziehöffnung ist eine in Zapfen hängende, für gewöhnlich durch einen Riegel verschlossene Platte angebracht, welche, im Falle Versetzungen oder Störungen im Ofengange eintreten, oder wenn Reparaturen nöthig sind, geöffnet werden kann. Die Gicht des Ofens ist mit Klappen verschlossen, welche sich beim Chargiren des Ofens selbstthätig öffnen[3]). Die Gase entweichen durch zwei Essen, in welchen sich Ventile zur Regulirung des Zuges befinden.

Fig. 258



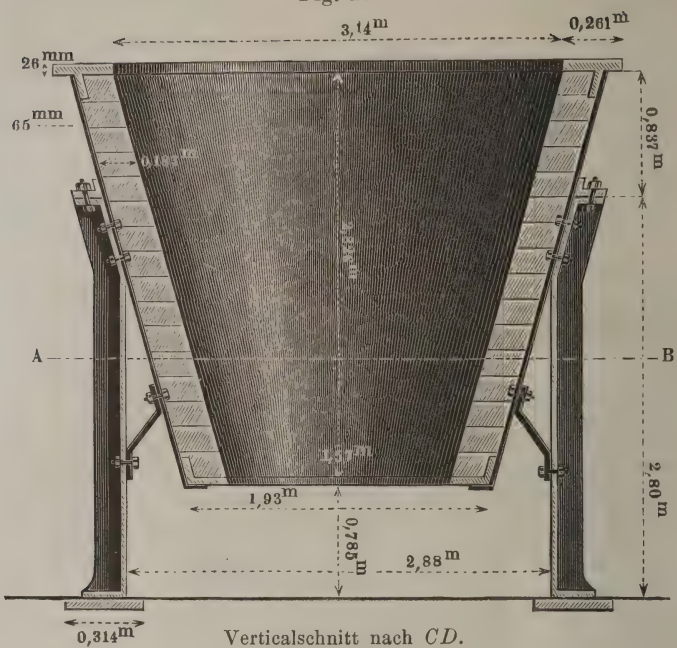
Halbe obere Ansicht.
Röstofen zu Cleveland.

Eine ganz besondere Art von Oefen ohne Rost bilden diejenigen, bei welchen die Sohle ganz fehlt, die daher unten ganz offen sind und an Stelle der Sohle eine einzige dem Schachtquerschnitte entsprechende Zieh-

---

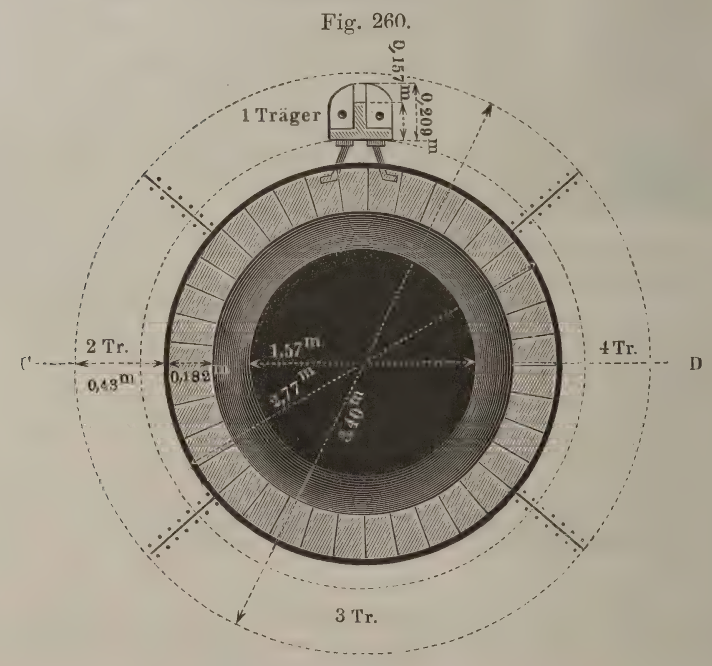
[1]) Vgl. Abthl. I, S. 282. — [2]) Nach Berggeist 1870. Nro. 4. — [3]) Fig. 257 zeigt auf der linken Seite die geöffneten, auf der rechten Seite die geschlossenen Klappen.

Fig. 259.



Verticalschnitt nach *CD*.

Fig. 260.



Horizontalquerschnitt nach *AB*.

Röstofen zu Rolandshütte.

öffnung besitzen. Ein solcher Ofen mit einem nach oben erweiterten, im Horizontalquerschnitt kreisförmigen Querschnitt, wie er bei Rolandshütte bei Siegen in Thätigkeit ist, findet sich in Fig. 259 und Fig. 260 abgebildet.

Der ganze Ofen, welcher in einen eisernen Mantel von der Form eines umgekehrten abgestumpften Kegels eingebaut ist, wird von vier Trägern gehalten, von denen in Fig. 260 nur einer ausgezeichnet ist, und steht im Uebrigen ganz frei, so dass er von allen Seiten leicht zugänglich ist. Das Ausziehen des Erzes geht bei dieser Ofenform sehr leicht von Statten; obwohl es freilich auch Aufmerksamkeit erfordert, nicht zu viel Erz mit einem Male zu entfernen und dadurch möglicher Weise den ganzen Ofen mit einem Male zu entleeren.

Röstöfen mit Rost.

Zuweilen setzt man bei Röstöfen, welche während des Betriebes ohne Rost arbeiten, behuf ihrer Anwärmung einige Roststäbe wenige Fuss hoch über der Sohle ein, und entfernt diese wieder, wenn die eigentliche Röstung beginnt. Diese Oefen gehören daher mehr zu der vorigen Gruppe. Sie fanden sich früher häufig im Siegerlande, sind aber neuerdings auch dort fast alle anderen Constructionen gewichen, nachdem man eingesehen hat, dass ein sehr starkes Vorwärmen vor der Inbetriebsetzung durchaus überflüssig ist.

Bei solchen Oefen, bei welchen auch die eigentliche Röstarbeit mit Beibehaltung eines Rostes betrieben wird, hat der letztere eine sehr verschiedene Form. Theils ist es ein Planrost, d. h. ein Rost, bei welchem die ihn bildenden Stäbe horizontal neben einander in einer Ebene angebracht sind; theils liegen die Stäbe geneigt, bald einen Kegel, bald ein Dach bildend; theils liegen sie horizontal, aber in einer schiefen Ebene. Die letzte Art von Rost nennt man bekanntlich Treppenrost.

Röstofen mit Planrost. Ein Ofen mit einfachem Planrost, wie er auf einzelnen Werken in Schlesien zum Rösten von Sphärosideriten gebräuchlich ist, findet sich in Fig. 261 und 262 (a. f. S.) abgebildet. *b* ist der Rost. Das gut geröstete Erz wird durch die Oeffnung *c* herausgezogen und in dem Raume *ff* abgekühlt. Im Aschenfall *d* sammelt sich neben Asche immer eine nicht unbedeutende Menge Erzstaub an.

Sind die Erze fest und hat der Schacht cylindrische Form, so ist zuweilen der Nachfall beim Ziehen zu stark. Man hat dann diese Arbeit dadurch zu erleichtern und zu regeln gesucht, dass man jedesmal die fertig geröstete Erzpartie auf nachstehende Weise von dem übrigen Erze abtrennt: Man schlägt vor dem jedesmaligen Ziehen etwa 0,628 Meter (2 Fuss) hoch über dem eigentlichen Roste einen zweiten Rost ein, für den die nöthigen Balken bereits vorhanden und die Oeffnungen zum Hineinschieben der Roststäbe im Mauerwerk ausgespart sein müssen. Dann nimmt man den unteren Rost fort und lässt den zwischen beiden Rosten befindlichen

Eisenstein auf die Sohle des Ofens fallen, schlägt nun von Neuem den unteren Rost ein und zieht den oberen heraus u. s. f. Doch macht eine

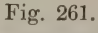
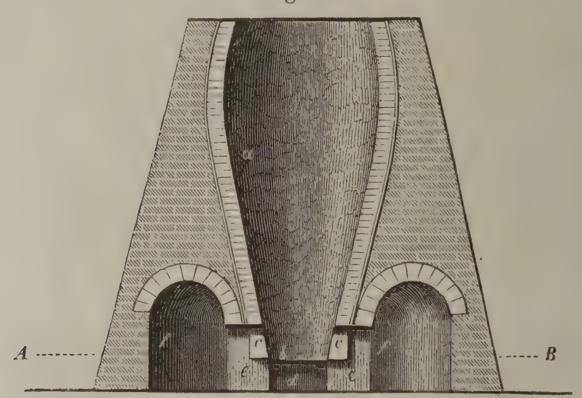
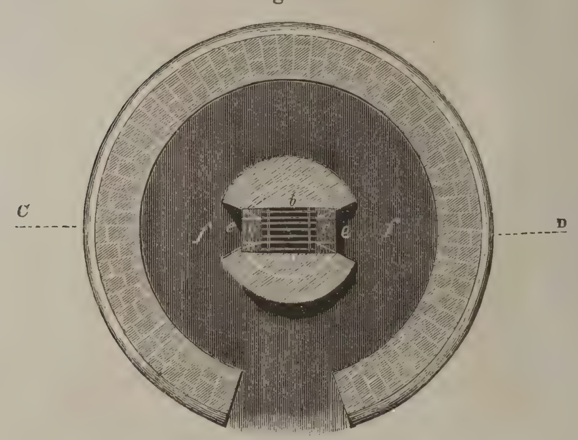


Fig. 261.



Verticalschnitt nach *CD*.

Fig. 262.



Horizontalschnitt nach *AB*.
Röstofen mit Planrost.

solche Methode, welche man eine Zeit lang in der Gegend von Siegen ausführte, so viel Mühe und Arbeit, dass sie nicht für zweckmässig anerkannt werden darf.

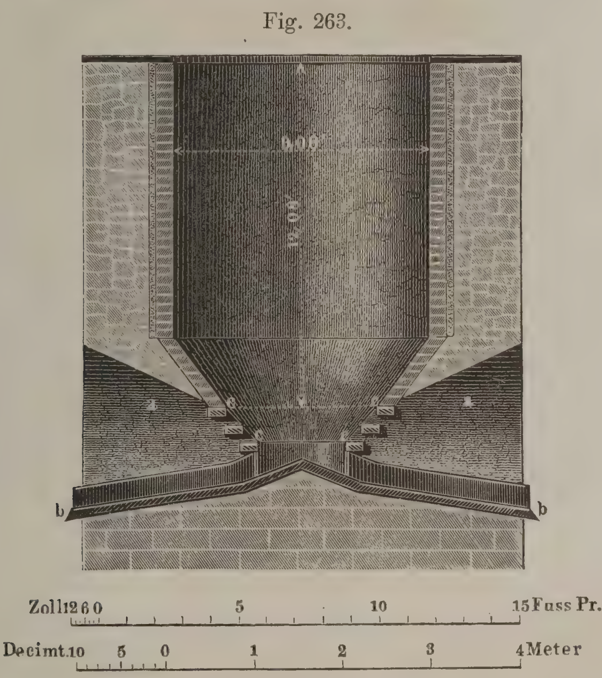
Die Dimensionen des Rostes sollten sich ganz nach denen des Ofens richten; da indessen eine hinreichende Haltbarkeit der Roststäbe bei grosser Länge nur durch unverhältnissmässige Stärke derselben erzielt werden kann, so begnügt man sich fast immer mit einer Breiten- und Längendimension von 0,628 bis 0,785 Meter (2 bis $2^1/_2$ Fuss), und unterstützt selbst dann noch den Rost durch einen Querbalken, so dass zwei

Abtheilungen entstehen. Wendet man schmiedeiserne Roststäbe an, so ordnet man diese wohl in zwei Abtheilungen so, dass sie mit ihren an dem Tragebalken zusammenstossenden Enden auf ein umgekehrtes *T*-Eisen [1]) zu liegen kommen.

Bei sehr grossen Oefen hat man auch den ganzen unteren Raum des Ofens durch eine mit Eisenplatten dachförmig abgedeckte Theilungsmauer getrennt und zwei besondere Roste angeordnet.

Röstofen mit Treppenrost. Um eine hinreichende Grösse der Luftzutrittsöffnungen zwischen den Roststäben beizubehalten und doch den Rost nicht mit der ganzen Last der niederrückenden Erzsäule zu beschweren, wendet man Treppenroste an. Einen Ofen mit Treppenrost, welcher für schwefelkiesreiche Spatheisensteine [2]) von Wagner zu Mariazell construirt ist, zeigt Fig. 263. Der Ofen hat 3,793 Meter (12,08 Fuss) Höhe und 2,845 Meter (9,06 Fuss) innere Schachtweite. Die beiden

Fig. 263.



Röstofen mit Treppenrost.

Ausziehöffnungen *a* sind mit einer gusseisernen Platte *b b* armirt, welche sich nach vorn in eine Schnauze verengt und einen aufwärtsstehenden Rand hat. Ueber jeder Ausziehöffnung liegen drei gusseiserne Rostbalken *c c*, welche zusammen den Treppenrost bilden.

---

[1]) Tunner's Berg- u. Hüttenm. Jahrb. X, S. 307. — [2]) Vgl. Abthl. I, S. 365.

Röstöfen mit Kegelrosten und Schweinerücken. Um das Herausrollen der Erze beim Ziehen zu begünstigen ohne die Roststäbe zu sehr zu belasten, hat man die letzteren öfters geneigt gestellt und bei kreisrunden Oefen dadurch einen kegelförmigen Rost (Kegelrost) erhalten, bei länglichen Oefen aber einen dachförmigen Rost (Schweinerücken).

Fig. 264.

Kegelrost.

Ein Kegelrost ist in Fig. 264 abgebildet. Die Roststäbe werden durch den eisernen Hut *a* zusammengehalten. Zu Neudeck in Böhmen, wo man einen solchen Rost angewendet hat, ist derselbe circa 1 Meter hoch und eben so breit an der Basis. Der Ofen, in welchem er angebracht ist, hat einen 4,71 Meter (15 Fuss) hohen Schachtraum, ist in den oberen zwei Dritteln cylinderförmig bei 2,04 Meter ($6^1/_2$ Fuss) Dtr. und im unteren Drittel bis auf 1,25 Meter (4 Fuss) Dtr. zusammengezogen [1]). Er ist mit drei gleichmässig rings herum vertheilten Ziehöffnungen versehen.

Den Schweinerücken oder Sattelrost hat man z. B. in Mägdesprung angewendet [2]). Die dortigen Röstöfen haben einen 5,57 Meter (17 Fuss 9 Zoll) hohen Schacht, welcher an der Gicht 1,36 Meter (4 Fuss 4 Zoll) weit ist, sich bis auf 3,14 Meter (10 Fuss) im Kohlensack erweitert und am Boden bis auf 1,25 Meter (4 Fuss) zusammengezogen ist. 0,78 Meter ($2^1/_2$ Fuss) über der Hüttensohle befinden sich zwei Ausziehöffnungen von 0,55 Meter (1 Fuss 9 Zoll) Höhe und 0,94 Meter (3 Fuss) Breite, zwischen welchen ein 1,25 Meter (4 Fuss) breiter und 0,55 Meter (1 Fuss 9 Zoll) hoher gusseiserner Sattelrost liegt.

Alle solche schrägen Roste bieten allerdings eine grössere Festigkeit gegen das Zerbrechen, als Planroste, aber die Abnutzung der Roststäbe beim Ziehen ist doch eine sehr bedeutende. Da die Erfahrung gelehrt hat, dass ein genügender und hinreichend regulirter Luftzutritt durch die Ausziehöffnungen stattfindet, so ist man bei den Oefen, welche mit eingeschichtetem Brennmaterial betrieben werden, fast allgemein auf die solidere und einfachere Construction mit fester Sohle zurückgekommen.

Nur wenn wegen grossen Reichthums der Erze an Schwefelkies ein sehr starker Luftzutritt erforderlich ist, muss man trotz der angeführten Nachtheile Roste anwenden, aber man wählt dann am besten Treppenroste.

Röstöfen mit innerem Schacht.

Eine ganz besondere Art bilden die Röstöfen mit innerem Luftschachte. Es ist schon bei der Haufenröstung darauf hingewiesen worden,

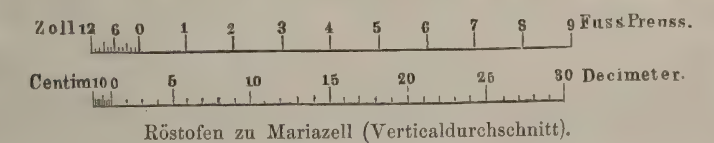
---

[1]) Scheerer, Metall. Bd. II, S. 74. — [2]) Berg- u. Hüttenm. Zeit. 1854. S. 405.

dass man zur Beförderung des Luftzuges im Inneren des Haufens zuweilen kleine, aus Ziegeln oder Erzstücken gebildete, von Luftöffnungen durchbrochene Schächtchen errichtet, und ferner, dass bei den Ilsenburger Stadeln Luft durch die Sohle ins Innere des Röstgutes geleitet werde. Aehnlich sind auch die Einrichtungen bei Schachtöfen.

Von dem bereits mehrfach als eifrigen Beförderer der Fortschritte im Rösten erwähnten Bergrath und Director zu Mariazell, Wagner, ist ein in Fig. 265 abgebildeter Ofen folgender Einrichtung erbaut[1]).

Fig. 265.



Röstofen zu Mariazell (Verticaldurchschnitt).

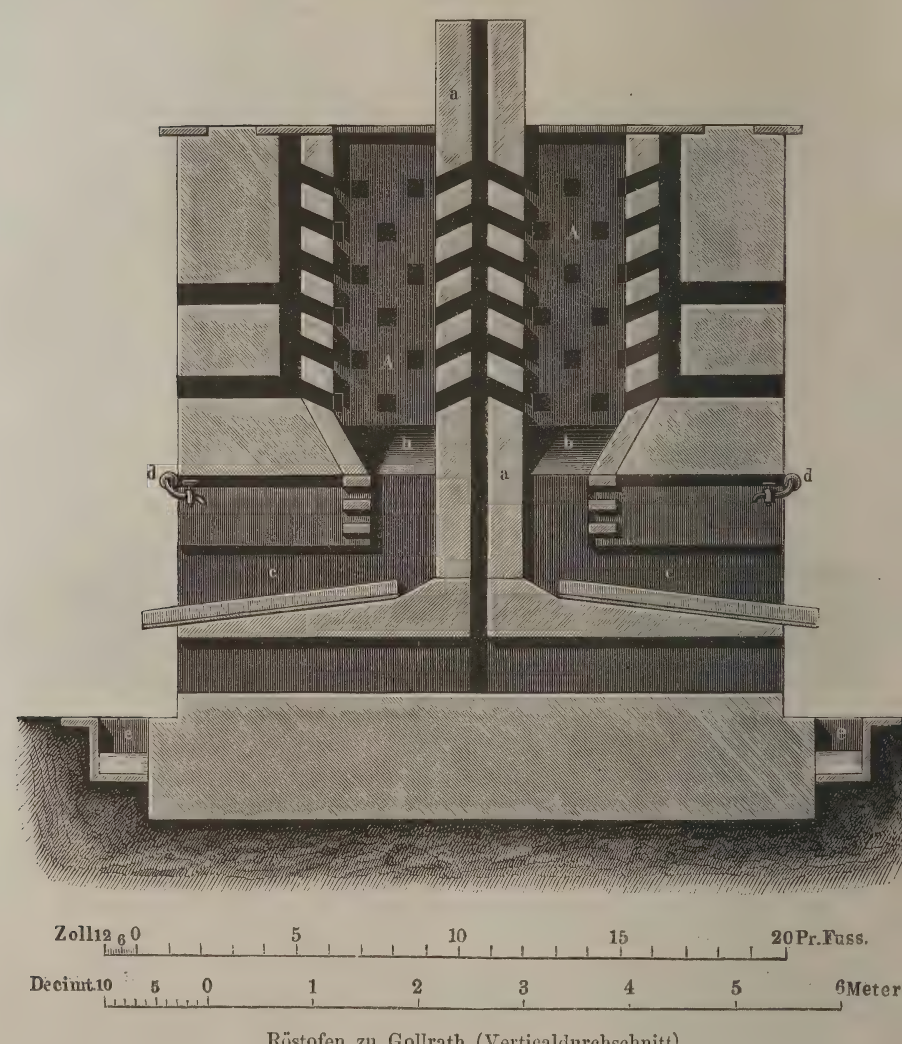
Auf acht kleinen Mauerpfeilern von 0,316 Meter (12,1 Zoll) Breite und 0,527 Meter (20,1 Zoll) Höhe, die auf der gusseisernen Scheibe *a a* ruhen, liegt der 0,026 Meter (1 Zoll) starke, 0,632 Meter (24,2 Zoll) breite eiserne Ring *bb*; über demselben sind elf Stück 0,316 Meter (12,1 Zoll)

[1]) Rittinger, Erfahrungen im berg- u. hüttenm. Maschinen-, Bau- und Aufbereitungswesen. 1860. S. 38.

breite Ringe angebracht, welche getragen und von einander getrennt werden durch je acht, den unteren entsprechende Mauerpfeiler *c c*. Jeder Ring hat einen inneren Durchmesser von 2,84 Meter (9,06 Fuss), was mithin dem Schachtdurchmesser des ganzen Ofens entspricht, und besteht aus vier Segmenten. Nach oben schliesst ein zwölfter mit aufstehenden Rändern versehener Ring *d d* von grösserer Breite den Ofen ab.

Im Inneren des Ofens befindet sich ein 0,632 Meter (24,2 Zoll) breiter Schacht aus 0,158 Meter starken (6zölligen) Ziegeln bis zur Ofengicht

Fig. 266.



Röstofen zu Gollrath (Verticaldurchschnitt).

aufgeführt. Die Umfassungsmauer dieses Schachtes ist in jeder Ziegelreihe mit sechs abwechselnd stehenden Oeffnungen *c c* versehen, welche 0,079 Meter (3 Zoll) Weite im Quadrat haben. Die Luft wird durch einen 0,652 Meter (24,2 Zoll) breiten, 5,69 Meter (18,13 Fuss) tiefen Canal *f* zugeführt, und die Gase ziehen theils durch die Erze, theils durch die kleine Esse *g* ab.

Ein rings um den Ofen laufendes Rohr *h h* liefert das Wasser zum Abkühlen der bei *i i* gezogenen Erze.

Von weniger kostspieliger und wohl dauerhafterer Construction ist der in der Gollrath zu Gusswerk Mariazell ganz in Mauerwerk errichtete Ofen, welcher in Fig. 266 abgebildet ist [1]).

A A sind zwei Räume von oblongem Horizontalquerschnitt, je 19,91 Meter (63,44 Fuss) lang und 0,948 Meter (3,02 Fuss) breit. Eine hohle Scheidewand *a a* trennt beide, während jeder derselben in seiner Längserstreckung durch 0,632 Meter (24,2 Zoll) breite dachförmige Mauern *b* nur im unteren Theile in zehn Abtheilungen von je 1,34 Meter (4,28 Fuss) Länge getheilt ist. Jede Abtheilung hat eine mit eiserner Sohlplatte versehene Ziehöffnung *c*, in welcher die glühenden Eisensteine durch Wasser aus dem Rohre *d* abgekühlt werden. Das überschüssige Wasser läuft in die Behälter *e*. Die Luft tritt zum grossen Theile durch die zahlreichen Canäle, welche in den Aussenwänden und der Scheidewand angebracht sind, in das Innere des Ofens.

Diese Ofenarten gestatten einen sehr reichlichen Luftzutritt und daher die möglichst vollständige Entschwefelung der Erze, namentlich wenn diese in sehr kleinen Stücken zum Rösten kommen. Sie theilen die Vortheile der offenen Haufen und der Oefen, insofern sie, wie jene, starke Oxydation gestatten und zugleich, wie diese, die Wärme besser ausnutzen.

Das Mauerwerk der Röstöfen. Der Schacht oder Röstraum des Röstofens wird am besten von feuerfesten Ziegeln umgeben, obwohl die Temperatur im Ofen der Regel nach nur so hoch steigt, dass auch gewöhnliche gute Lehmziegeln genügen. Diese den Kernschacht bildenden Ziegeln macht man durchschnittlich 0,235 bis 0,261 Meter (9 bis 10 Zoll) lang.

Den Kernschacht umgiebt man zuweilen direct mit einem Eisenblechmantel. Dies ist zwar die einfachste Construction, aber zugleich auch diejenige, welche in Folge starker Transmission den grössten Wärmeverlust mit sich führt und daher den grössten Brennmaterialaufwand erfordert. Eine derartige Construction zeigt der in Fig. 259 und 260 Seite 444 abgebildete Röstofen von Rolandshütte in Siegen.

Man zieht es aus dem angegebenen Grunde meistens vor, den Kernschacht durch eine weitere Ummauerung, den Rauhschacht, vor bedeuten-

---

[1]) Kerl, Metall. Hüttenk. III, S. 127.

derer Ausstrahlung der Wärme zu schützen, und theils um dessen Wirksamkeit zu erhöhen, theils um der ungleichen Ausdehnung des Kern- und Rauhschachtes Rechnung zu tragen, legt man zwischen beiden Mauerwerken einen mit schlechten Wärmeleitern (Asche, Sand, auch wohl bloss Luft) gefüllten Zwischenraum an. Den Rauhschacht stellt man aus Bruchsteinen oder gewöhnlichen Ziegeln her und versieht ihn, wenn nöthig, mit eisernen Ankern. Hin und wieder legt man in demselben Canäle an, welche die Austrocknung des Ofens erleichtern und ihm eine freiere Ausdehnung beim Erhitzen gestatten. Eine solche Einrichtung zeigen z. B. die Seite 438 abgebildeten Röstöfen von Dowlais, wo einige senkrechte Räume *a a* mit mehreren engeren, horizontalen Canälen verbunden sind. Man giebt dem Rauhschacht gewöhnlich eine dem Querschnitte des Röstraumes entsprechende Form. Nur bei rundem Querschnitte des Röstraumes macht man ihn auch quadratisch oder sechseckig, weil dadurch der Bau erleichtert wird.

In dem Kern- wie Rauhschachte müssen die nöthigen Oeffnungen für das Ziehen und den Luftzutritt ausgespart sein; aber der Rauhschacht reicht gewöhnlich nicht bis auf die Ziehöffnung herab, sondern endigt etwa $^1/_2$ Meter höher, wie dies z. B. Fig. 247 und 248 auf Seite 438 zeigen. In dem auf diese Weise von aussen leicht zugänglichen tiefer herabreichenden Theile des Kernschachtes befinden sich die Störräume, welche dazu dienen, etwa entstehende Versetzungen im Ofen vermittelst einer Brechstange zu beseitigen. Diese Störräume, welche in Fig. 247 und 248 S. 438 mit *b* bezeichnet sind, werden mit eisernen Schienen bekleidet, damit das Mauerwerk an ihren Rändern beim Arbeiten mit der Brechstange nicht verletzt wird.

Allgemeine Anordnung der Röstöfen. Ist der Ofen an mehreren Seiten mit Ziehöffnungen versehen, so muss er, wenigstens im unteren Theile, ganz frei liegen. Hat dagegen der Ofen nur an einer Seite Oeffnungen zum Ziehen der Erze, so kann man ihn bequem an eine Böschung des gewachsenen Bodens anlehnen und erlangt da, wo es die Niveauverhältnisse erlauben, die Annehmlichkeit, die Erze von ihren Lagerplätzen oder Förderstellen direct zur Gicht des Röstofens fahren, und weiterhin die gerösteten Erze aus der tiefen Sohle zum Hochofen befördern zu können, ohne eine Umladung vornehmen zu müssen. Wenn die Sohle des Röstofens zugleich im Niveau der Hochofengicht liegt, so erspart man jedes Heben der Materialien. Ein solches Arrangement findet sich nicht selten bei den Werken in Süd-Wales, wo die Sturzbühne der Schächte zur Förderung von Eisenstein und Kohle auf dem Hochplateau liegt: Die Materialien gelangen auf sanft absteigender Fläche zu den Haufen, in denen sie der Verwitterung ausgesetzt werden, dann direct in die Gicht der bereits am Abhange der Thäler gelegenen Röstöfen, deren Sohle im Niveau der Hochofengicht liegt, während die Sohle des Hochofens sich gerade noch so hoch über dem Niveau der Thalsohle befindet, um ein bequemes Ausstürzen des fertigen Roheisens in die Eisenbahnwaggons und Canalschiffe

zu gestatten. Ist auch das Terrain nicht überall so günstig wie dort, so muss man doch die natürliche Bodenbeschaffenheit in dieser Beziehung so viel als möglich auszubeuten suchen.

In anderen Fällen befördert man die Erze auf einer geneigten Ebene zur Gicht des Röstofens, da verticale Aufzüge, wie wir sie später für den Hochofen kennen lernen werden, bei der geringen Höhe der Röstöfen selten mechanisch vortheilhaft sind.

Aufgebevorrichtungen für die Beschickung des Röstofens. Das Aufgeben der Erze und Brennmaterialien geschah früher allgemein mittelst Körben (Schwingen) oder Kästen. Bei dem jetzigen beschleunigteren Betriebe der Röstung in grösseren Oefen genügt dies nicht mehr. Man stürzt die Erze daher direct aus den Wagen, in denen sie aus der Grube gefördert oder von der Halde herangeschafft werden, in den Röstofen. Die Wagen sind zu diesem Zwecke entweder mit beweglichem Boden oder beweglichen Seitenwänden versehen, oder sie werden ganz und gar umgekippt. Die für beide Fälle zu treffenden Einrichtungen kehren bei der Beschickung des Hochofens, wo sie von grösserer Bedeutung sind, wieder und werden daher an jener Stelle beschrieben werden.

Obwohl die Art und Weise des Aufgebens von grosser Bedeutung für den Verlauf der Röstung ist, so begnügt man sich doch in den meisten Fällen damit, dem Arbeiter die richtige Vertheilung des Materials zu überlassen. Nur zuweilen bedient man sich mechanischer Hülfsmittel, welche diese Arbeit von Menschenhand unabhängig machen. Diese Hülfsmittel sind meist mit den Wagen, aus denen das Material in den Ofen gelangt, in der Art combinirt, dass z. B. die Form des beweglichen Bodens die Vertheilung des Erzes bedingt; zuweilen sind sie aber auch fest mit dem Ofen verbunden. So hat man z. B. in Ilsenburg auf den in Fig. 253 und 254 Seite 440 dargestellten Röstöfen ein gusseisernes Kreuz angebracht, dessen Arme durch einen runden Knopf *d* zusammengehalten sind. Man hatte hier anfänglich Schächte mit kreisförmigem Horizontalquerschnitte, fand aber, dass das Erz in diesen zu dicht liege; als man nun die jetzigen Oefen mit quadratischem Horizontalquerschnitte gebaut hatte, ergab sich der entgegengesetzte Nachtheil, nämlich eine zu grosse Lockerheit des Erzes in den Ecken. Erst nachdem man das Kreuz aufgelegt hat, welches bewirkt, dass die Beschickung mehr in die Ecken rollt, liegt dieselbe in allen Theilen des Ofens gleich locker, und die Röstung geht nach Wunsch von Statten.

Selten wird die Gicht ganz geschlossen und nur dann geöffnet, wenn die Beschickung in den Ofen gelangt, wie dies in Fig. 257 Seite 442 angegeben ist.

Brennmaterial zum Rösten des Eisensteins in Oefen. Das zum Rösten erforderliche Brennmaterial wird zwischen die Erze geschichtet, also abwechselnd mit jenen aufgegeben. Bei der niedrigen Temperatur, welche im Allgemeinen für den Röstprocess nothwendig ist, wählt man

fast stets die Abfälle von demjenigen besseren Brennmateriale, welches man zum Hochofenbetrieb verwendet; also wo letzterer mit Holzkohlen geschieht: die davon abgesiebte Holzkohlenlösche; wo dagegen der Hochofen mit Koks oder Steinkohlen betrieben wird: das von diesen abfallende Klein. Ist mit dem Werke ein Flammofenbetrieb oder eine Dampfkesselanlage verbunden, so benutzt man gleichzeitig die durch den Rost fallenden Zünder (*Cinders*). Man siebt die kleinen Stückchen dieser Brennmaterialien am besten in einem doppelten, rotirenden Drahtsiebe einmal von den grösseren, anderweitig verwerthbaren Stücken, zugleich aber auch von dem, selbst im Röstofen unbrauchbaren, feinen Staube ab.

Man wendet meist diejenigen Stücke an, welche nicht mehr durch Maschen von 9 Millimeter ($^1/_3$ Zoll) und noch nicht durch Oeffnungen von 20 Millimeter ($^3/_4$ Zoll) Weite gehen. Bei Zündern geht man auch bis zu 3,3 Millimeter ($^1/_8$ Zoll) Maschenweite herunter.

1 Gewichtstheil Kokslösche trägt je nach der Güte (namentlich nach der Reinheit von Asche) 10 bis 35, im Durchschnitt 20 bis 30 Gewichtstheile Erz.

1 Gewichtstheil Holzkohlenlösche trägt ebenso viel, wenn dieselbe nicht staubartig ist; im letzteren Falle [1]) nur $7^1/_2$ bis 10 Gewichtstheile Erz.

1 Gewichtstheil Steinkohlenklein trägt 5 bis 10 Gewichtstheile Erz [2]).

Austrocknung der Röstöfen. Nach dem Bau der Oefen erfolgt deren Austrocknung. Früher brachte man, wenn der Ofen keinen Rost hatte, zu diesem Zwecke besondere Roststäbe an und erhitzte das Innere des Mauerwerks bis zur Rothglut, ehe man zum Füllen des Ofenschachtes mit abwechselnden Erz- und Brennmaterialschichten schritt. Jetzt begnügt man sich meist damit, die Feuchtigkeit aus dem Gemäuer zu treiben, indem man etwas Brennmaterial auf einem besonderen vor der Ziehöffnung erbauten Roste verbrennt und dann sofort mit der Füllung des Ofens unter Beimengung von ziemlich reichlichen Mengen Brennmaterial beginnt. Es erfolgen zwar nach dieser zweiten Methode anfangs

---

[1]) Nach Mayrhofer, Tunner's Jahrb. X, S. 308.

[2]) Zu Rolandshütte bei Siegen röstet man z. B. in dem Fig. 259 und 260 S. 444 abgebildeten Ofen pro Gewichtseinheit eines aus gleichen Volumtheilen gemengten Gemisches von Zündern und Kokslösche circa 20 bis 26 Gewichtstheile Erz (Spatheisenstein); nämlich mit 3 bis 4 Scheffel, à $1^7/_9$ Cubikfuss = 5,3 bis 7,1 Cubikfuss (0,165 bis 0,220 Cubikmeter) Zünder, und einem gleichen Volumen Kokslösche täglich zehn Wagen oder 40000 Pfd. (20000 Kilogrm.) Spatheisenstein.

Auf den übrigen Siegenschen Werken braucht man pro Wagen von 4000 Pfd. (2000 Kilogrm.) Eisenstein circa 1 bis 1,1 Scheffel = 1,78 bis 1,94 Cubikfuss (0,055 bis 0,060 Cubikmeter) oder wenig mehr an Zündern und Kokslösche, es trägt mithin 1 Gewichtstheil Brennmaterial 20 bis 30 Gewichtstheile Erz.

In Ilsenburg braucht man zum Rösten von kalkigen und kieseligen Rotheisensteinen in dem Fig. 253 und 254 S. 440 abgebildeten Ofen auf 3,091 Cubikmeter (100 Cubikfuss) Erz durchschnittlich 1,030 Cubikmeter ($33^1/_3$ Cubikfuss) Quandelkohlen (kleinste Holzkohlen), d. h. 1 Gewichtstheil Holzkohle trägt 32,3 Gewichtstheile Erz.

nur schlecht geröstete Erze, aber dieser Nachtheil wird aufgewogen durch den bedeutend geringeren Verbrauch an Brennmaterial. Ist der Ofen mit Rost versehen, so verbrennt man auf demselben zum Zwecke des Austrocknens Holz oder Kohlen bei beschränktem Luftzutritt. Beim Wiederinbetriebsetzen eines schon gebrauchten Röstofens bedarf es der Austrocknung nicht. Man schüttet dann Reisig oder Holzabfälle auf den Boden, füllt den Ofen mit abwechselnden Schichten von Erz und Brennmaterial und zündet ihn einfach durch die Ziehöffnungen oder den Rost von unten an.

Arbeiten an dem Röstofen während der Röstung. Die Arbeiten beim Rösten selbst beschränken sich auf das Aufgeben, das Ausziehen und die Beseitigung etwaiger Störungen während des Röstprocesses.

Vom Aufgeben hängt der gute Betrieb eines Röstofens mehr ab, als man gewöhnlich denkt. Eisenerze und Brennmaterialien werden abwechselnd schichtenweis aufgegeben. Man füllt den Ofen auf diese Weise, sobald durch das Herausziehen eines Theiles Erz aus dem unteren Theile oben Raum geworden ist, bis zur Gicht an, und giebt dann nur in dem Maasse neues Material auf, als in Folge der Verbrennung der Kohle die Oberfläche der Beschickung niedersinkt. Hierbei ist darauf zu achten, dass stets zu oberst eine Erzschicht und keine Brennmaterialschicht liegt. Es ist nämlich nicht vortheilhaft, anders zu verfahren und die Brennmateriallage längere Zeit mit der atmosphärischen Luft in Berührung zu lassen, da sie sich dann leicht entzündet und die hierdurch erzeugte Wärme grösstentheils ungenutzt mit den Röstgasen aus dem Ofen zieht, und da zweitens hierdurch eine in der Nähe der Gicht nicht wünschenswerthe hohe Temperatur und ein unregelmässiger Gang der Röstung herbeigeführt wird. Nur in dem Falle, in welchem man die Gicht des Ofens verschlossen hält, wie bei dem Röstofen in Cleveland [1]), ist es gleichgültig, ob Kohle oder Erz zu oberst liegt.

Die im Ofenschacht aufsteigenden Gase wählen den Weg, welcher ihnen am wenigsten Hindernisse bietet. Liegt die Beschickung in allen Theilen des Ofenquerschnittes gleich dicht, so ist der Weg an den Ofenwänden hinauf der kürzeste, wird also auch unter der genannten Voraussetzung von den Gasen vorgezogen werden. Um nun aber die Wärme, welche von den Heizgasen an die zu röstenden Substanzen abgegeben werden soll, statt dieselbe ausschliesslich an die Wände zu leiten, vielmehr gleichmässig über den ganzen Querschnitt des Ofens in jedem Theile des Schachtes auszunutzen, ist es nöthig, den Ofen so zu beschicken, dass die grösseren, daher locker liegenden Stücke in die Mitte kommen, die kleineren, dichter liegenden aber an die Wände. Indessen kann man hierbei wieder zu weit gehen, wie dies der Seite 453 mitgetheilte Fall von Ilsenburg darthut. Die richtige Vertheilung der Mate-

[1]) Siehe Seite 442.

rialien muss daher für jede Erzgrösse und Ofenform durch die Erfahrung festgestellt werden.

Diese Vertheilung geschieht gewöhnlich durch das Auseinanderziehen der in den Ofen gestürzten Materialien mittelst eiserner Kratzen oder Harken; doch kann man, wie erwähnt, auch durch richtig angewendete mechanische Hülfsmittel eben dasselbe mehr oder weniger vollkommen erreichen und macht sich dann unabhängiger von der Geschicklichkeit und der Aufmerksamkeit der Aufgeber.

Das Ausziehen (der Auszug, Erzzug, *taking*), das Herausnehmen des fertig gerösteten Erzes aus dem Ofen ist eine sehr einfache Arbeit, welche nur die Aufmerksamkeit verlangt, zur rechten Zeit mit derselben aufzuhören, damit nicht ungeröstetes oder zu schwach geröstetes Erz aus dem Ofen komme. Beginnt man zu ziehen, so ist das zuerst aus dem Ofen gelangende Erz meist ziemlich oder ganz kalt, weil das zu unterst befindliche Brennmaterial in der Zeit der Ruhe zwischen zwei aufeinander folgenden Erzzügen leicht Gelegenheit fand, ganz auszubrennen; das nachfolgende Erz ist aber noch warm und nimmt an Temperatur zu, je höher die Ofentheile liegen, aus denen es stammt. Man pflegt im Allgemeinen so lange zu ziehen, bis glühendes Erz und damit noch brennendes, also unverzehrtes Brennmaterial erscheint. Sobald unten gezogen ist, wird der Ofen oben wieder bis zur Gicht nachgefüllt. Wie viel Erz gleichzeitig gezogen wird, hängt von der Betriebsmethode ab. Zieht man jedesmal den Gesammtinhalt des Ofens, so wird der Betrieb ein unterbrochener (intermittirender). Es kommt aber auch vor, dass nur beinahe die ganze Füllung des Ofens mit einem Male aus dem Ofen gelangt, so z. B. in Ilsenburg, und dann hat man eine Zwischenart zwischen intermittirendem und continuirlichem Betriebe. Rationeller ist es freilich, die Ofenhöhe so einzurichten, dass nur immer etwa $^1/_4$ bis $^1/_5$ der Ofenfüllung herausgenommen wird, weil dann die Abkühlung des Ofens keine zu starke, also die Ausnutzung der in den Ofenwänden aufgespeicherten Wärme eine bessere ist. Eine immerwährende allmälige Ausleerung im unteren Theile des Ofens und ein ebenso stetiges Nachfüllen an der Gicht wäre allerdings für die Ausnutzung der Wärme das Richtigste, aber es würde damit eine sehr unvortheilhafte Arbeitstheilung verknüpft sein. Man benutzt nämlich die Röstarbeiter zugleich zum Scheiden der rohen Erze, zum An- und Abfahren und dergl. mehr, was sie bei nicht ganz fortlaufendem Betriebe in den Zeiten zwischen jedesmaligem Aufgeben und Ziehen sehr gut besorgen können. Uebrigens pflegt man gern die Nachtarbeit, welche stets nur als Nothbehelf dienen sollte, da sie überall unvortheilhafte Leistungen giebt, ganz zu vermeiden, und deshalb Abends die Oefen ganz voll, ja übervoll zu laden und erst am nächsten Morgen wieder zu ziehen.

Störungen im Betriebe des Röstofens kommen einmal dadurch vor, dass der Ofen zu kalt geht; dann muss das noch nicht fertig geröstete

Erz wieder aufgegeben werden. Um dies zu vermeiden, andererseits aber einen zu hohen Brennmaterialaufwand zu umgehen, stellt man die Arbeiter am besten auf Accord nach dem Gewichte gut gerösteten Eisensteins, und gleichzeitig auf Prämie für Brennmaterialersparniss. Wesentlicher sind nämlich ferner die Störungen, welche durch zu hohe Temperatur, also zu hohen Brennmaterialaufwand, hervorgerufen werden. Solche Störungen geschehen zuweilen auch ohne Schuld der Arbeiter namentlich bei kohlenstoffhaltigen Erzen, vor Allem bei den Kohleneisensteinen, deren Kohlenstoffgehalt oft unvorhergesehener Weise wechselt. In diesen Fällen sintert das Erz, es bilden sich kieselsaure Salze, und es entsteht hieraus ein doppelter Nachtheil. Erstens erhält der Hochofen, statt durch Rösten gelockerter, leicht reducirbarer Erze, hieraus dichte, glasige, schwer reducirbare Materialien, welche oft schwieriger zu behandeln sind, als die rohen, ungerösteten Eisensteine: so dass eine solche Röstarbeit nicht nur keinen Vortheil, sondern erhebliche Uebelstände für die Weiterbehandlung der Erze mit sich bringt. Zweitens aber entsteht für den Röstbetrieb selbst der Nachtheil, dass sich im Ofen Versetzungen bilden, welche den Niedergang der Erze hemmen, oder zuweilen ganz verhindern. Solche Klumpen gesinterter Erze müssen gestört werden, wie man in der Praxis zu sagen pflegt. Man bricht sie mittelst Brechstangen, welche man theils durch die Ausziehöffnung, theils durch die Störräume (Seite 452) in das Innere des Ofens führt, aus einander. Das Stören allein kann indessen wohl zufällig eingetretene Hindernisse für den Augenblick beseitigen, zur Verhütung der Wiederkehr des Sinterns muss aber ausserdem die Beschickung durch Abbrechen an Brennmaterial geändert werden. Am leichtesten entstehen solche Sinterungen, wenn man gleichzeitig verschiedenartig zusammengesetzte Erze zu rösten hat. So kommen z. B. zu Ilsenburg kalkhaltige Erze und kieselige Erze zur Röstung, die oft in denselben Stücken vereinigt sind und daher gemeinschaftlich geröstet werden müssen. Die Temperatur, welche für die ersteren kaum zu hinreichender Röstung genügt, ruft bei letzteren schon eine Sinterung hervor. Es muss daher Regel sein, verschiedenartige Erze womöglich nicht zusammen zu rösten. Uebrigens kann es, wie bereits früher (S. 417) erwähnt wurde, allerdings Fälle geben, wo die Nachtheile einer (schwachen) Sinterung überwogen werden von den Vortheilen einer kräftigen Röstung.

Bei mulmigen Erzen kommt zuweilen ein Ersticken des Feuers in Folge mangelnden Luftzuges vor. Man sticht dann, wenn die Abkühlung noch nicht zu sehr vorgeschritten ist, von oben mittelst einer Brechstange Löcher in die Beschickung, bis der Zug wieder hergestellt ist.

Bei Oefen mit Rost ist natürlich für Reinhaltung des letzteren zu sorgen, damit der Luftzutritt ungehindert und gleichmässig stattfinde. Solche Oefen eignen sich daher am wenigsten für das Rösten von Erzen, welche viele kleine Theile enthalten, oder in solche beim Erhitzen zerspringen.

Production der Röstöfen. Die Grösse der Production eines Röstofens hängt im Wesentlichen nicht von dessen Höhe, sondern von der Grösse seines Horizontalquerschnittes ab, mit welchem sie ungefähr im geraden Verhältnisse steigt. Die Zeitdauer, welche ein Erz zu seiner Röstung verlangt und welche mit der Menge der auszutreibenden Stoffe, der Dichtigkeit der Substanz u. s. w. wächst, hat bei passender Construction des Ofens keinen Einfluss auf die Grösse der Production. Bei gleicher Ausnutzung der Wärme wird ein schwerer zu röstendes Erz zwar einen höheren Ofen und einen grösseren Brennmaterialaufwand verlangen, mithin länger im Schachte des Röstofens verweilen und einer höheren Temperatur ausgesetzt sein müssen, als ein leichter zu röstendes Erz; aber die Grösse der Production sinkt nicht mit wachsender Höhe des Ofens, da aus hohen Oefen in gleichen Zeiträumen ein ebenso grosses Quantum fertig gerösteten Erzes gezogen werden kann, wie bei niedrigen Oefen, wenn nur die erzeugte Temperatur, d. h. die Menge des Brennmaterials ausreicht. Ja im Gegentheil wird bei gleichem Brennmaterialaufwand ein höherer Ofen eine grössere Production zulassen, da die Wärme in demselben besser ausgenutzt wird, als in einem niedrigen Ofen.

Von Einfluss auf den Gang des Ofens und dadurch auf die Production ist ferner die Anlage der Ziehöffnungen; denn je länger das eigentliche Ziehen dauert, um so mehr wird der ruhige Betrieb unterbrochen. Aus diesem Grunde empfiehlt sich die Anlage möglichst zugänglicher Ziehöffnungen.

Die Production einzelner Oefen giebt hiernach natürlich niemals ein Anhalten für einen allgemeinen Durchschnitt, bildet jedoch eine Grundlage für einzelne analoge Fälle, und aus diesem Grunde werden nachstehend einige Beispiele von Resultaten der Röstarbeit angeführt werden.

Beispiele über die Production einiger Röstöfen. Das Rösten der Eisensteine im Siegerlande. Die Abtheilung I, Seite 332 beschriebenen Erze des Siegerlandes bestehen zu mehr als der Hälfte (circa 55 Proc.) aus Spatheisensteinen, im Uebrigen aus Brauneisenerzen, und zum geringsten Theile aus Rotheisenstein. Die meisten Spatheisensteine werden an Ort und Stelle geröstet, sei es, dass sie auf den Hochöfen der dortigen Gegend verschmolzen, sei es, dass sie nach Westphalen und anderen Landestheilen versendet werden. Die fremden Hüttenwerke haben auch dann, wenn sie nicht eigene Bergwerke besitzen, oft eigene Röstöfen, um nicht genöthigt zu sein, bereits gerösteten Eisenstein anzukaufen, weil es sehr schwierig ist, einen Eisenstein nach der Röstung in Bezug auf seine Qualität richtig zu beurtheilen.

Die Brauneisensteine werden gar nicht, von den Rotheisensteinen nur die sehr dichten und festen Eisenglanze behuf mechanischer Auflockerung geröstet.

Die Erze, denen als Gangart Quarz, als taubes Gestein der Thonschiefer (Coblenzschiefer), in dem die Gänge auftreten, als Verunreinigungen aber

hauptsächlich Kupferkies, seltener Bleiglanz, ganz untergeordnet Fahlerz und Arsenkies beigemischt sind, werden zuerst in faustgrosse Stücke zerschlagen und unterliegen hierbei einer Handscheidung.

Man kann [1]) fünf Arten von Röstöfen unterscheiden: Die erste Art hat einen Rost, welcher zum Anwärmen dient und beim Betriebe entfernt wird; die vier anderen entbehren eines solchen Rostes ganz. Diese vier Arten haben nun: entweder einen cylindrischen Schacht, aber ein besonderes nach unten verengtes quadratisches Gestell und zwei Ziehöffnungen; oder zweitens einen ganz cylindrischen Schacht und drei Ziehöffnungen, und in beiden Fällen einen ebenen Boden; oder drittens einen cylindrischen Schacht und einen conischen Boden (mit zwei oder drei Ziehöffnungen); oder endlich einen conischen Schacht, wie er in Fig. 444 abgebildet ist, wobei der ganze Boden gleichzeitig Ziehöffnung ist.

Als Brennmaterial dient Koksabfall in Stücken von 8,7 bis 19,6 Millimetern ($^1/_3$ bis $^3/_4$ Zoll) mit Zündern vermischt.

Zu Charlottenhütte, wo man den Seite 441 abgebildeten und einen ebenso construirten aber nur 2,19 Meter (7 Fuss) Durchmesser im Schacht haltenden Ofen benutzt, röstet man mit ersterem täglich zehn Wagen Erz (à 40 Centner) = 400 Ctr. (20000 Kilogrm.) mit 10 Scheffeln (à $1^7/_9$ Cubikfuss) = 17,8 Cubikfuss (0,549 Cubikmeter) Brennmaterial; in dem kleineren Ofen täglich sechs Wagen = 240 Ctr. (12000 Kilogrm.) mit 6 Scheffeln = 10,6 Cubikfuss (0,329 Cubikmetern) Brennmaterial. An Röstelohn werden pro Wagen Erz $7^1/_2$ Sgr. bezahlt, wobei indessen die Scheidekosten für den zu verhüttenden Brauneisenstein inbegriffen sind.

In Rolandshütte, wo der S. 444 abgebildete Ofen arbeitet, röstet man täglich zehn Wagen = 400 Ctr. (20000 Kilogrm.) Erz mit 6 bis 8 Scheffeln = 10,6 bis 14,2 Cubikfuss (0,329 bis 0,439 Cubikmetern) Brennmaterial, halb aus Zündern, halb aus Kokslösche bestehend. An Röstelohn werden 5 bis $5^1/_2$ Sgr. pro Wagen Erz gegeben.

Auf der Grube Storch und Schöneberg bei Gosenbach röstet man den Spatheisenstein in Oefen, welche ein oblonges Gestell von 0,627 Meter (2 Fuss) Breite, 1,25 Meter (4 Fuss) Tiefe und 0,783 Meter ($2^1/_2$ Fuss) Höhe haben. Der 3,29 Meter ($10^1/_2$ Fuss) hohe, 1,88 Meter (6 Fuss) weite cylindrische Schacht ist mit dem Gestell durch eine 1,57 Meter (5 Fuss) hohe, allmälig aus dem kreisförmigen in den viereckigen Querschnitt übergehende Rast verbunden. In jedem dieser Oefen werden täglich sieben bis acht Wagen = 280 bis 320 Ctr. (14000 bis 16000 Kilogrm.) Erz mit 9 bis 10 Scheffeln = 16 bis 17,8 Cubikfuss (0,494 bis 0,549 Cubikmetern) Kokslösche bei 5 bis 6 Sgr. Röstelohn pro Wagen durchgesetzt.

Zu Hainer-Hütte röstet man in 1,57 Meter (5 Fuss) weiten, 3,29 Meter (15 Fuss) hohen Oefen täglich nur fünf Wagen = 200 Ctr.

[1]) Nach Bülovius' handschriftl. Mittheilungen.

(10000 Kilogrm.) Erz und braucht pro Wagen 1½ Scheffel = 2,6 Cubikfuss (0,082 Cubikmeter) Zünder.

Es steigt also im Allgemeinen die Production mit der Weite der Oefen, und der Brennmaterialverbrauch steigt mit der Abnahme der Production.

Das Rösten zu Ilsenburg am Harze[1]). In Ilsenburg röstet man sowohl die Roth- und Magneteisensteine der Abtheilung I, Seite 351 beschriebenen Lagerstätten vom Büchenberg und Tännchen bei Elbingerode, als auch den im Hochofen gebrauchten Zuschlagskalkstein, in den Seite 439 abgebildeten Oefen, deren fünf unmittelbar an einander gebaut sind. Vier Oefen haben je zwei Ausziehöffnungen, der fünfte nur eine rechtwinkelig zu jenen gelegene. Die Gichtsohle ist mit dem Erzplatze durch eine Brücke verbunden, die Sohle der Ziehöffnungen liegt 0,94 Meter (3 Fuss) über der Hüttensohle, so dass eine directe Verladung in Förderwagen geschehen kann, welche das Röstgut zu einem Walzwerke führen. Beim Betriebe wird das Erz täglich einmal — nach Umständen auch in Pausen von mehreren Tagen gezogen. Die Production an geröstetem Stein beträgt täglich circa 2,16 Cubikmeter (70 Cubikfuss), und auf 3,09 Cubikmeter (100 Cubikfuss) Erz von je 37,5 bis 40 Kilogrm. (75 bis 80 Pfund) Gewicht werden durchschnittlich 1,03 Cubikmeter (33⅓ Cubikfuss) = 130 Kilogrm. (260 Pfund) Holzkohlenklein verbraucht. Ein Arbeiter bedient je zwei Oefen.

Das Rösten der Sphärosiderite in Süd-Wales[2]). Die im Steinkohlengebirge von Süd-Wales vorkommenden Thoneisensteine (vergl. Abthl. I. der Eisenhüttenkunde, S. 286), welche mit dem Ausdruck *native mines* bezeichnet werden, unterwirft man sämmtlich vor der Verwendung im Hochofen einer Röstung, nachdem eine Verwitterung[3]) vorausgegangen ist. Obwohl die Röstung in freien Haufen noch nicht ganz verdrängt ist, so nimmt doch die Röstung in Oefen immer mehr überhand. Die Röstöfen (*Kilns, calcining Kilns*) stehen in einer Reihe und haben die Construction der Figuren 247 bis 252, Seite 438 und 439, nur fehlen meist die den Bau sehr vertheuernden Feuchtigkeitscanäle (*a*, Figur 248) ganz oder grösstentheils.

Die folgende Tabelle zeigt die wichtigsten Verhältnisse der Production und des Materialverbrauches beim Rösten auf drei der bedeutendsten Hüttenwerke des Steinkohlenfeldes von Süd-Wales. Als Brennmaterial dient Kohlenklein, welches weder zur Verkokung, noch zum rohen Gebrauche im Hochofen oder Flammofen geeignet ist.

---

[1]) Vergl. Anmerkung zu Seite 432. — [2]) Nach eigenen Erfahrungen des Bearbeiters aus dem Jahre 1860. — [3]) Siehe weiter unten.

Hüttenwerk	Cubischer Inhalt des Röstofens	Verhältniss desselben	Fassungsmengen	Verhältniss derselben	Wöchentl. Production	Verhältniss derselben	Kohlenverbrauch zu 1000 Kil. (20 Ctr.) Erz
Pontypool .	93,39 Cbkm. (3022 Cbkf.)	1	Erz. 46000 Kil. (920 Ctr.)	1	100000 Kil. (2000 Ctr.)	1	50 Kil. (1 Ctr.)
Dowlais . .	141,13 Ckm. (4567 Cbkf.)	1,51	70000 Kil. (1400 Ctr.)	1,52	146000 Kil. (2920 Ctr.)	1,46	50 Kil. (1 Ctr.)
Ebbw-Vale .	208,74 Ckm. (6756 Cbkf.)	2,23	104000 Kil. (2080 Ctr.)	2,26	182000 Kil. (3640 Ctr.)	1,82	50 Kil. (1 Ctr.)

Man sieht hieraus, dass die Production nicht ganz im Verhältniss zum cubischen Inhalt oder zum Fassungsvermögen, welches ausser von ersterem auch von dem Gewichte der verschiedenen Erze abhängig ist, steigt. Da nun der Horizontalquerschnitt dieser Oefen nicht wesentlich verschieden, die Höhe aber in der aufgeführten Reihenfolge der Werke wächst, und zugleich der Brennmaterialaufwand pro Gewichtseinheit Erz bei allen drei Oefen derselbe ist: so liefert diese Zusammenstellung den Beweis des früher Behaupteten, dass in höheren Röstöfen eine bessere Wärmeausnutzung stattfinde als in niedrigeren, und daher eine grössere Production bei gleichem Brennmaterialaufwand zulässig sei.

Die genannten Oefen werden ohne Sorgfalt mit verschieden grossen Stücken Erz beschickt, von denen nur die grössten zerschlagen werden. Man füllt am Tage regelmässig nach, Abends aber giebt man etwas mehr Brennmaterial als am Tage auf, häuft den Ofen voll und überlässt ihn sich selbst während der Nacht.

Die Preise des Röstens pro 1000 Kil. (20 Ctr.) Erz stellen sich wie folgt:

In Oefen.

		Pence		Sgr.	Pf.
Arbeitslöhne	Zerkleinern	1	=	—	10
	Füllen	1	=	—	10
	Ziehen	1	=	—	10
Brennmaterial: 50 Kil. (1 Ctr.) Kleinkohle		1½	=	1	3
Zinsen des Anlagecapitals von 100 Lstr. (666⅔ Thlr.) [1] pro Ofen und Reparaturkosten		¼	=	—	2½
Summa pro 1000 Kil. (20 Ctr.) Erz		4¾ Pence	=	3 Sgr.	11½ Pf.

In freien Haufen.

		Pence		Sgr.	Pf.
Arbeitslöhne	Setzen	4	=	3	4
	Ziehen	1	=	—	10
Brennmaterial	75 Kil. (1½ Ctr.) Kleinkohle	2¼	=	1	10½
	25 Kil. (½ Ctr.) Stückkohle	1⅕	=	1	—
Summa pro 1000 Kil. (20 Ctr.) Erz		8⁹⁄₂₀ Pence	=	7 Sgr.	½ Pf.

[1] Nur bei Oefen mit Luftcanälen im Rauhgemäuer wie zu Dowlais 160 Lstr. (1066⅔ Thlr.) pro Ofen.

Da es von Interesse ist, die Preise des Röstens in freien Haufen gegenüber denen der Ofenröstung kennen zu lernen, so sind in vorstehender Tabelle beide neben einander gestellt. Der Vergleich fällt sehr zu Gunsten der Oefen aus.

Die Kosten der Ofenröstung würden sich bei gehöriger Vorsicht in Bezug auf Zerkleinerung der Erze und Ausbreitung derselben im Ofen zwar erhöhen, aber dem Hochofenbetriebe würde daraus ein nicht unwesentlicher Vortheil erwachsen.

Zum Schluss theilen wir noch einige Analysen gerösteter Thoneisensteine nach B. Rogers mit:

Benennung des Erzes.	Eisenoxyd.	Magnesia.	Kieselsäure.	Thonerde.
Ball mines	73,7	1,7	17,0	7,6
Black pin	68,0	1,7	23,0	7,3
Black vein	62,0	3,0	22,0	12,0.

Das Fehlen allen Gehaltes an Eisenoxydul lässt zwar Zweifel an der vollkommenen Richtigkeit der Analysen aufkommen, doch bieten dieselben immerhin ein Anhalten bei Beurtheilung ähnlicher Verhältnisse.

Die sämmtlichen bis hierher aufgeführten Beispiele betreffen Oefen ohne Rost, es mögen nun noch einige Beispiele für Röstöfen mit Rost folgen.

Röstung der Spath- und Brauneisensteine in Steiermark. Die Röstung der vortrefflichen Erze jener mächtigen und reichhaltigen Lagerstätten Steiermarks, welche in der ersten Abtheilung der Eisenhüttenkunde Seite 365 u. f. geschildert sind, erfolgt auf verschiedene Weise, doch meist in Oefen, welche zu der Gruppe der Röstöfen mit Rost gehören. Die Haufenröstung ist seit dem Jahre 1855 mehr und mehr aufgegeben [1]), weil sie bei schlechteren Resultaten mehr Brennmaterialaufwand erforderte. Der Querschnitt der Oefen ist meist ein oblonger (Vordernberger Oefen), seltener ein quadratischer (Neuberger Oefen); für schwefelkiesreiche Erze kommen die Seite 447 beschriebenen Oefen mit Treppenrost, für sehr schwefelkiesreiche Erze die Wagner'schen und Gollrather Oefen (Seite 449 und 450, Fig. 265 und 266) zur Anwendung.

Röstung zu Vordernberg [2]). Die Spatheisensteine und Brauneisenerze des Erzberges in Steiermark [3]) werden hier durch Rösten zum Hochofenbetrieb vorbereitet. Die Oefen haben einen oblongen Querschnitt und sind oben 3,16 Meter (10,1 Fuss) lang und 1,26, auch 1,89 Meter (4, auch 6 Fuss) breit. Während die beiden langen Wände senkrecht niedergehen, divergiren die kurzen Wände nach unten, so dass sich der Ofen bei einer Tiefe von 6,48 Meter (20,6 Fuss) auf 3,79 Meter (12,1 Fuss) erweitert. Bis zu diesem Theile reicht eine den Rost in zwei Theile trennende, 1,26 Meter (4 Fuss) hohe, 0,474 Meter (18 Zoll) starke Zwischenwand. Die Roste selbst haben je 1,34 Meter (4 Fuss 3 Zoll) Länge und

---

[1]) Berg- und Hüttenm. Zeitung 1855. S. 174. — [2]) Vergl. Kerl, Metallurg. Hüttenk. Bd. I, S. 401 und Bd. III, S. 125. — [3]) Vergl. Eisenh. Abthl. I, S. 365.

die Breite des Ofens von 1,26 Meter (4 Fuss). Unter denselben befindet sich der zugleich als Kühlraum dienende Aschenfall. Das Erz wird in Gichten von je 4368 Kilogrm. (87,4 Ctr.) abwechselnd mit 0,979 bis 1,074 Cubikmetern (31,7 bis 34,7 Cubikfuss) Holzkohlenklein aufgegeben. Das Erz wird durch den Rost gezogen, indem man in Zwischenräumen von circa 8 Stunden einige Roststäbe entfernt. Das in den Kühlraum fallende Erz wird mit Wasser besprengt und direct in ein Vorrathsgewölbe, welches tiefer als die Sohle des Kühlraumes liegt, befördert. In 24 Stunden werden je nach der Beschaffenheit der Erze 13104 bis 26208 Kilogrm. (262 bis 524 Ctr.) Erz durchgesetzt. Durch die Anordnung des Erzkleins beim Aufgichten wird der Luftzug regulirt.

Uebrigens werden auch Oefen mit Planrost angewendet, deren Horizontalquerschnitt quadratisch ist, und zwar bei einer Höhe von 2,53 bis 3,79 Meter (8 bis 12,1 Fuss), oben 1,58 Meter (5 Fuss), unten 1,11 bis 1,26 Meter ($3^1/_2$ bis 4 Fuss) an jeder Seite. Der Rost liegt 1,26 Meter (4 Fuss) über dem Boden, und die herausziehbaren Roststäbe sind mit Handhaben versehen. Man verbraucht in denselben auf 350 Kilogrm. (7 Centner) Spatheisenstein 1,5 bis 2 Kilogrm. (3 bis 4 Pfund) Kohlenlösche, auf 1000 Kilogrm. also 4,3 bis 5,7 Kilogrm. [1]).

Röstung zu Mariazell [2]). Die dortigen schwefelkiesreichen Eisensteine werden seit 1854 in den von Wagner construirten Schachtröstöfen mit Treppenrost geröstet, welche Seite 447 Fig. 263 abgebildet und beschrieben sind. Als Brennmaterial dient Kohlenlösche. Auf 5000 Kil. (100 Ctr.) Erz braucht man 0,537 bis 0,623 Cubikmeter (17,3 bis 20,1 Cubikfuss) davon, auf 1000 Kilogrm. Erz mithin 0,108 bis 0,124 Cubikmeter Kohlenlösche. Der Ofen fasst 44800 Kilogrm. (896 Centner) und liefert in 24 Stunden 5600 Kilogrm. (112 Centner) Röstgut bei einem Röstverlust von 23 Proc. Die Erze werden nach dem Ziehen noch glühend mit Wasser besprengt, auch wohl ausgelaugt. Das Verhältniss der Rostfläche (6,36 Quadratmeter = 64,5 Quadratfuss) zum Ofenquerschnitt ist beinahe = 1 : 1 [3]).

Für sehr schwefelkiesreiche, namentlich kleine Erze, wendet man die Seite 449 (Fig. 265) geschilderten Oefen mit innerem Luftschacht an, welche gleichfalls von Wagner construirt worden sind.

Bei der Füllung des Ofens wird auf den Boden eine Schicht radial gelegter Holzscheite gebracht, diese überstürzt man mit Kohlenlösche und bringt dann abwechselnd Schichten von 4000 bis 5000 Kilogrm. (80 bis 100 Ctr.) Erz und circa 0,249 Cubikmeter (7,95 Cubikfuss) Kohlenlösche auf. An den acht Ziehöffnungen, welche von den acht unter der Platte stehenden Mauerpfeilern gebildet werden, zündet man an. Man

---

[1]) Loc. cit. — [2]) Berg- u. Hüttenm. Zeitung 1860. S. 103. — [3]) Die Röstöfen mit Treppenrost haben sich auch zu Vordernberg Bahn gebrochen. Die Erze werden dort zuvörderst durch Rättern von dem Grubenklein getrennt, welches nicht geröstet, sondern nur in Gasflammöfen getrocknet wird, dann bis zu Faustgrösse zerschlagen und mit Holzkohlenlösche geröstet (vgl. Berggeist 1870. S. 96).

zieht alle 16 bis 24 Stunden und röstet täglich 6700 Kilogrm. (134 Ctr.) Erz, welche circa 5600 Kilogrm. (112 Ctr.) Röstgut liefern. Das gezogene Erz wird stark bewässert und dann in 0,63 Meter (2 Fuss) hohen Haufen weiter ausgelaugt [1]).

Zu demselben Zwecke werden in der Gollrath die Oefen, welche Seite 450 (Fig. 266) beschrieben und gleichfalls von Wagner construirt sind, benutzt.

Betrieb von Oefen mit Kegel- und Sattelrost. Die Oefen mit Kegel- und Sattelrost werden verhältnissmässig selten angewendet. Es lassen sich daher auch nur wenig Beispiele für deren Betrieb anführen.

Zu Neudeck in Böhmen [2]) ist ein mit Kegelrost (Fig. 264 S. 448) versehener Ofen von 4,71 Meter (15 Fuss) Höhe und 2,04 Meter ($6\frac{1}{2}$ Fuss) oberem, 1,25 Meter (4 Fuss) unterem Durchmesser zum Rösten angewendet worden. Dieser Ofen hatte intermittirenden Betrieb. Man brachte zuerst Holzkohlenklein in den Schacht, wodurch der Rost bis 0,316 Meter (1 Fuss) hoch über seine Spitze bedeckt wurde, und dann eine Schicht von 7,04 Cubikmetern (225 Cubikfuss) Erz, eine Schicht von 0,768 Cubikmetern (24,5 Cubikfuss) Kohlenlösche, endlich noch eine Schicht von 6,40 Cubikmetern (204 Cubikfuss) Erz und eine von 0,640 Cubikmetern (20,4 Cubikfuss) Kohlenlösche. Nach 48 Stunden war die Röstung beendet und der Ofen wurde ganz ausgeleert.

Zu Mägdesprung im Harz [3]) wurde ein Ofen mit Sattelrost zum Rösten der Spath- und Thoneisensteine benutzt, welcher 5,573 Meter ($17\frac{3}{4}$ Fuss) Höhe, ungefähr 1,256 Meter (4 Fuss) untere und obere Weite hatte und in der Mitte bis zu 3,138 Meter (10 Fuss) Dtr. ausgebaucht war. Es wurden dort in 24 Stunden 3,875 Cubikmeter (125 Cubikfuss) Sphärosiderit mit 0,598 Cubikmetern (19,3 Cubikfuss) harten Quandelkohlen, oder 3,348 Cubikmeter (108 Cubikfuss) Spatheisenstein mit 0,487 Cubikmetern (15,7 Cubikfuss) Kohlen durchgeröstet, 1 Cubikmeter Erz also mit 0,146 Cubikmetern, oder 100 Cubikf. Erz mit 14,5 Cubikf. Kohle.

2. Flammen- und Gas-Schachtröstöfen.

Die Schachtöfen, bei denen kein festes Brennmaterial zwischen das Erz geschichtet, sondern Flammenfeuerung zum Rösten benutzt wird, sind von zweierlei Art. Entweder wird festes oder gasförmiges Brennmaterial seitlich vom Ofen oder unterhalb seiner Sohle, jedenfalls aber ausserhalb des Röstraumes verbrannt und nur die Flamme in das Erz geleitet; oder aber es werden Gase, welche man selten aus Generatoren erzeugt, sondern gewöhnlich dem Hochofen entnimmt, erst im Röstofen selbst verbrannt. Hiernach unterscheidet man:

---

[1]) In anderen Oefen derselben Art, welche 22500 Kil. (450 Ctr.) Erz fassen, giebt man auf je 2500 bis 3000 Kil. (50 bis 60 Ctr.), 0,773 bis 0,927 Cubikmeter (25 bis 30 Cubikf.) Kohlenlösche auf und gewinnt bei 4- bis 6maligem Ziehen in 24 Stunden 3500 bis 5000 Kil. (70 bis 100 Ctr.) Röstgut. Ein solcher Ofen kostet $866\frac{2}{3}$ bis $933\frac{1}{3}$ Thlr. (1300 bis 1400 Gulden). — Berg- u. hüttenm. Zeitg. 1870. Nro. 7. — [2]) Vgl. Scheerer, Metall. II, S. 74. — [3]) Kerl, Hüttenk. I, S. 402 u. III, S. 127.

a. Flammenröstöfen.

b. Gasröstöfen.

Beide Arten von Röstöfen haben den Vorzug gegen diejenigen mit eingeschichtetem Brennmaterial, dass sie nach Belieben eine oxydirende oder eine reducirende Röstung zulassen, ohne dass die Construction des Ofens geändert zu werden braucht, dass ferner die Aschenbestandtheile des Brennmaterials nicht mit den Erzen in Berührung kommen, also mit denselben nicht gemischt werden. Die Gasröstöfen haben nun ihrerseits wieder den Vorzug einer besseren Wärmeausnutzung gegen die Flammenröstöfen und haben letztere daher fast überall verdrängt.

a. Flammenröstöfen.

1. Mit festem Brennmaterial.

Feuerungen. Für die Flammenröstöfen benutzt man meist die Flammen von festen Brennmaterialien, die man auf Rosten verbrennt, welche entweder in der Axe des Ofens unterhalb der Sohle liegen, oder rings um den Ofen angeordnet sind. Im ersteren Falle muss der Feuerraum wenigstens nach einer Seite hin derartig verlängert sein, dass er von aussen mit Brennmaterial beschickt werden kann. Bei einer seitlichen Anordnung der Roste können dieselben ohne Schwierigkeit in jeder beliebigen Höhe des Ofens angebracht werden, bei einer centralen Feuerung ist dies zwar ebenfalls ausführbar, aber schwieriger einzurichten. Uebrigens ist eine solche Lage der Roste, dass sich unterhalb derselben der Ofen noch fortsetzt, sehr vortheilhaft; denn das Erz kann sich, nachdem es den höchsten Hitzgrad durchlaufen hat und vollständig abgeröstet ist, in diesem unteren Raume allmälig abkühlen, und ist dabei dem oxydirenden Strome der durch die Ziehöffnungen eintretenden atmosphärischen Luft in hohem Grade ausgesetzt, da in dem unterhalb der Feuerungen liegenden Ofentheile keinerlei reducirende Gasarten mehr entwickelt werden.

Statt des Rostes wendete man bei älteren Oefen wohl eine einfache ununterbrochene Sohle für den Feuerungsraum an, welche indessen nur für Holz benutzbar und keineswegs zu empfehlen ist.

Schweinerücken. Liegt die Feuerung im Inneren des Ofens, so muss der Feuerraum durch eine Decke vom Ofen selbst und der niedergehenden Beschickung abgeschlossen sein, ohne dass doch die Flamme am Durchgange gehindert wird. Man schützt ihn daher mit einer dachförmigen Decke aus Eisen, welche man wie jenen Seite 448 beschriebenen dachförmigen Rost Schweinerücken nennt. Entweder ist dies Dach mit Löchern oder Schlitzen versehen, wie ein eigentlicher Rost, oder aber es ist solide. In den ersteren beiden Fällen findet die Flamme ihren Weg durch die Oeffnungen des Daches in den Ofenraum, im letzteren breitet sie sich nach der Seite aus und gelangt durch die beiden Zwischen-

räume, welche zwischen den Unterkanten des Daches und der Feuerung frei bleiben müssen, zwischen die Erze; die Flamme schlägt also nur unter dem Schweinerücken durch in den Ofen. Zu Altenau im Harze hat man statt des Daches ein Gewölbe aus siebzehn gusseisernen Bogen, welche zwischen sich Schlitze von 78 Millimeter (3 Zoll) Breite lassen, gebildet, und darüber ruht noch ein kleines flaches Dach.

Brennmaterialaufwand. Alle diese Oefen verlangen zur Röstung nicht allein viel mehr, sondern auch besseres, namentlich eine gute Flamme gebendes Brennmaterial, als diejenigen Röstöfen, bei denen man eingeschichtetes Brennmaterial benutzt; und dieser Nachtheil wiegt die erwähnten Vortheile meistentheils so sehr auf, dass man selbst an Orten, wo man im Uebrigen gute Resultate hatte, theils wieder auf die Oefen mit eingeschichtetem Brennmaterial zurückgegangen ist, theils Gasröstöfen eingerichtet hat. Zu berücksichtigen ist übrigens, dass rohes Brennmaterial, namentlich Holz, besonders für die Flammenröstöfen, weniger dagegen für die Oefen mit eingeschichtetem Brennmaterial geeignet ist.

Schachtform. Da die Auflockerung der niedersinkenden Massen, welche bei den Oefen mit eingeschichtetem Brennmaterial durch die allmälige Verzehrung des letzteren herbeigeführt wird, bei den Oefen mit Flammenfeuerung nicht stattfindet, so ist man — wenigstens bei der Röstung dichtliegender Erze — gezwungen, durch die Form des Ofens nachzuhelfen, und erweitert daher gewöhnlich den Querschnitt solcher Oefen nach unten so weit, dass die Flamme sich hinreichend zwischen die Erze vertheilt. Dass indessen diese Anordnung keinen günstigen Einfluss auf die Ausnutzung der Wärme hat, ist bereits früher auseinandergesetzt worden.

Nach Mayrhofer[1]) hat man zu gleichmässiger Vertheilung der Heizgase auch versucht, in der Schachtaxe ein 0,183 bis 0,209 Meter (7 bis 8 Zoll) weites Rohr von starkem Kesselblech oder von Gusseisen anzubringen, welches mit Ausnahme des oberen Theiles mit vielen 0,237 bis 0,314 Meter ($^3/_4$ bis 1 Zoll) weiten Löchern versehen, 1,88 bis 2,51 Meter (6 bis 8 Fuss) über die Gicht hinausragt, oben durch eine Klappe verschliessbar ist und unten einige Fuss über der Sohle des Ofens abschneidet. Der in diesem Rohre entstehende Zug wird natürlich den Eintritt der heissen Gase in die Mitte des Ofens befördern, aber auch zu noch bedeutenderen Wärmeverlusten Veranlassung geben, als eine einfache Verengung des Querschnittes nach der Gicht zu.

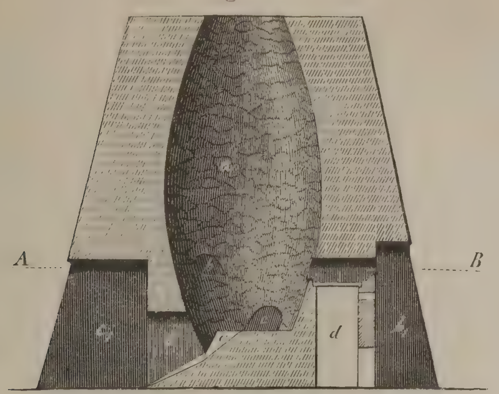
Ein Ofen mit seitlich liegenden Rosten[2]) ist in den Figuren 267 und 268 dargestellt.

Der Ofen ist mit drei Rosten *b b b* versehen, unter denen sich der Aschenfall *d* befindet, der hoch genug ist, um eine bequeme Reinigung

[1]) Tunner's Jahrb. Bd. X, S. 310. — [2]) Scheerer's Metall. Bd. I, S. 77.

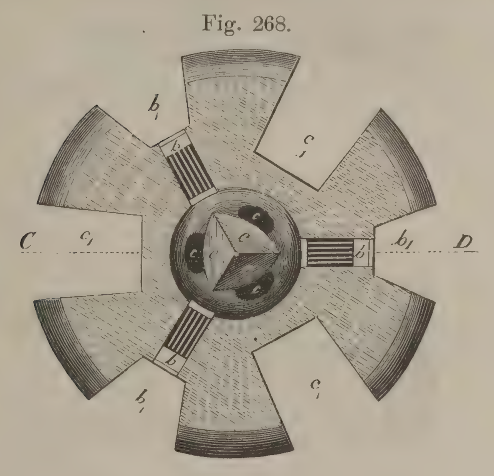
zu gestatten. Abwechselnd mit den Rosten sind in einem tieferen Niveau drei Ziehöffnungen *c c c* angelegt. Im Rauhgemäuer sind zur Bequem-

Fig. 267.



Verticaldurchschnitt nach *CD*.

Fig. 268.

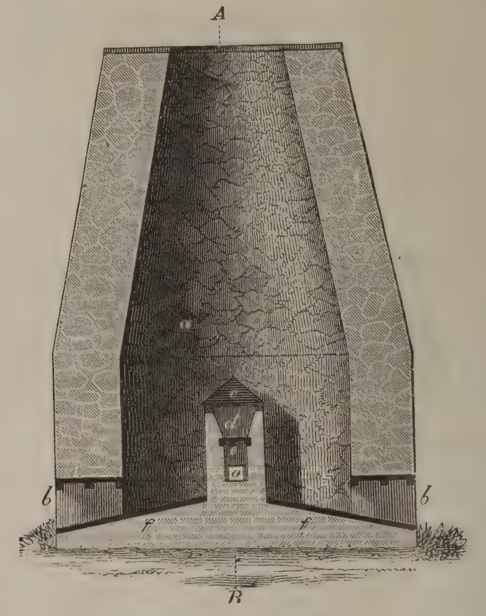


Horizontaldurchschnitt nach *AB*.
Flammenröstofen mit seitlicher Feuerung.

lichkeit der Arbeiter die Gewölbe b_1 bei den Rosten, und c_1 bei den Ziehöffnungen ausgespart. Der Ofen ist von der Sohle (Oberkante der geneigten Ebene *e*) bis zur Gicht 5,49 Meter ($17\frac{1}{2}$ Fuss) hoch, hat an der Gicht 1,25 Meter (4 Fuss) Dtr. und ebenso viel an der Sohle. Die Feuerungs- und Ziehöffnungen sind mit beweglichen Schiebern verschlossen, welche eine Regulirung des Luftzutritts und somit eine Verstärkung der Hitze, sowie eine Aenderung in dem oxydirenden Einfluss der Atmosphäre gestatten.

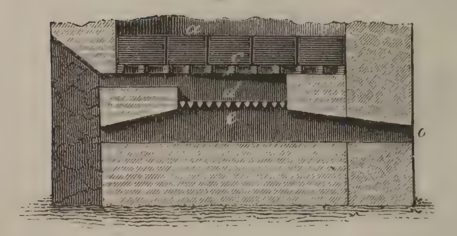
Fig. 269 und 270 zeigen einen Ofen mit centraler Feuerung, wie er vor Einführung der Gasfänge namentlich in Schweden vielfach angewendet

Fig. 269.



Verticaldurchschnitt.

Fig. 270.



Durchschnitt der Feuerung nach *AB*.
Flammenröstofen mit centraler Feuerung.

wurde [1]). Der Rost *d* liegt mitten im Ofen. Er ist überdeckt mit einem gusseisernen Dache *c*, dem Schweinerücken, welcher auf Füsschen ruht, zwischen denen hindurch die Flamme in den Ofen gelangt. Der Aschenfall *e* ist mit Oeffnungen *o*, welche zum Luftzutritt und zur Reinigung dienen, versehen. Der Ofen ist von der Gicht bis zur Sohle (Anfang der schiefen Ebenen *f*, welche zu den Ausziehöffnungen *b* führen) 5,81 Meter

[1]) Scheerer, Metall. Bd. I, S. 75.

(18½ Fuss) hoch, an der Gicht 1,41 Meter (4 Fuss 6 Zoll) im Dtr., unten 2,88 Meter (9 Fuss 2 Zoll) im Dtr. Der untere Theil ist bis auf 1,88 Meter (6 Fuss) Höhe cylindrisch. Die Oberkante des Schweinerückens liegt 1,62 Meter (5 Fuss 2 Zoll) hoch über der Sohle. Der Rost ist 0,314 Meter (1 Fuss) breit und 1,41 Meter (4 Fuss 6 Zoll) lang. Die Oefen werden mit Kloben- und Scheitholz gefeuert. Der dachförmige Rücken dient hier zum Schutze der Feuerung vor den niedergehenden Erzstücken.

Betrieb. Im Betriebe dieser Oefen findet der wesentliche Unterschied gegen den der vorigen Gruppe statt, dass die Feuerungen eine besondere und zwar sorgfältige Bewartung verlangen; dass dagegen beim Aufgeben die ganze Aufmerksamkeit auf die Erhaltung eines gleichmässigen Luftzuges durch richtige Vertheilung der Erzstücke gerichtet sein muss. Der Betrieb kann übrigens hier ein weit gleichmässigerer und ungestörterer sein, denn man kann ohne Nachtheil für den Röstprocess in beliebig kurzen Zwischenräumen die fertig gerösteten Erze ausziehen und ebenso gleichmässig oben nachfüllen.

Beispiele für den Betrieb von Flammenröstöfen. In den S. 468 abgebildeten und beschriebenen Oefen röstete man in Åker (Schweden) in 24 Stunden 10000 bis 20000 Kil. (200 bis 400 Ctr.) Erz (Magneteisenstein [1]) mit einem Verbrauche von 3 bis 5 Cubikmetern (97 bis 162 Cubikf.) Holz und 2 bis 6 Cubikmetern (65 bis 194 Cubikf.) Kohlenlösche, welche dem Erze pro 10000 Kil. (200 Ctr.) desselben beigemengt wurden [2]).

In Altenau am Harze ist der 3,97 Meter (12 Fuss 8 Zoll) hohe Röstofen im Horizontalquerschnitt oblong, an der Gicht 1,88 Meter (6 Fuss) lang und 1,57 Meter (5 Fuss) breit. Er erweitert sich bis auf 2,27 Meter (7 Fuss 3 Zoll) Länge und 1,88 Meter (6 Fuss) Breite und ist nach unten wieder etwas zusammengezogen. Die Construction des gewölbeartigen Schweinerückens, welcher den Planrost überspannt und nach oben noch durch ein aufgesetztes flaches Dach geschützt ist, fand bereits Erwähnung. Der Ofen fasst circa 17,67 Cubikmeter (570 Cubikfuss) Eisenstein. Man zieht täglich zweimal Eisenstein, giebt ebenso oft je 2,91 Cubikmeter (94 Cubikfuss) Eisenstein und zwar mit 0,465 Cubikmetern (15 Cubikfuss) Tannzapfen gemengt auf, und bedeckt jede Charge mit einer Lage kleinen Eisensteins. Die Feuerung des Rostes betreibt man mit Astholz und Tannzapfen. Die Röstkosten betragen pro 100 Kil. (2 Ctr.) Erz nicht ganz 8 Pfennig [3]).

Es darf zum Schlusse nicht übergangen werden, dass bei einer hinreichend grossen Production, z. B. für ein Hüttenwerk, welches mehrere Hochöfen mit gerösteten Erzen zu versorgen hat, eine den Hoffmann-Licht'schen Ringöfen [4]) ähnliche Construction gute Dienste leisten

---

[1]) Siehe Abthl. I, S. 417. — [2]) Es war dies also ein combinirter Betrieb von directer mit Flammenfeuerung. — [3]) Kerl, Metall. Hüttenk. Bd. I, S. 404. — [4]) Siehe Muspratt-Stohmann-Kerl, Technische Chemie Bd. V, S. 574.

könnte. Diese Oefen, welche zum Ziegelbrennen bestimmt sind, bestehen aus einem ringförmigen (kreisrunden, elliptischen, auch oblongen) Raume, welcher durch eiserne Schieber in eine grosse Zahl einzelner Abtheilungen getrennt werden kann. Jede dieser Abtheilungen steht mit einer im Centrum befindlichen Esse durch einen Canal in Verbindung, kann aber von dieser Verbindung durch einen Schieber abgeschnitten werden. Bei einem regelmässigen Betriebe ist nun der Ring nur an zwei Stellen durch eiserne Schieber unterbrochen und in zwei ungleiche Abtheilungen getrennt. Die zwischen beiden Schiebern gelegene kleinere Abtheilung enthält das fertige Gut, welches ausgeräumt wird, und an dessen Stelle sodann wieder frisch beschickt wird. Dicht anstossend an den einen Schieber nach der anderen Seite hin befinden sich Ziegeln, welche hier fertig gebrannt werden und die höchste Hitze auszuhalten haben. Die heissen Gase dieser Abtheilung durchlaufen nun den übrigen Theil des Ringes, und treffen bei ihrem Vorwärtsschreiten zuerst auf Ziegeln, welche noch nicht die stärkste Hitze erhalten, dann auf solche, welche erst halb gebrannt sind, schliesslich, an dem zweiten Schieber anlangend, auf frisch eingesetzte Ziegeln. Von dort nehmen sie, fast ganz abgekühlt, ihren Weg zur Esse. Ist die jetzt in stärkster Hitze befindliche Abtheilung gar gebrannt, so wird sie durch einen Schieber abgesperrt, und nun die frisch besetzte Abtheilung durch Versetzung des zweiten Schiebers in die Reihe der Feuerführung aufgenommen. Auf diese Weise rückt der Betrieb immerwährend eine Abtheilung weiter und geht ununterbrochen fort. Dieses Princip lässt sich leicht auf Röstöfen übertragen. Es muss die Anlage nur so eingerichtet werden, dass die Füllung jeder Abtheilung von oben, die Entleerung aber nach unten geschehen kann, und es muss die Feuerung nicht wie bei den Ziegelöfen durch eingestreutes Brennmaterial, sondern von seitwärts an jeder Abtheilung gelegenen Rosten aus oder am besten durch eingeleitete brennbare Gase erfolgen. Die erste Bedingung eines erfolgreichen Betriebes ist die Möglichkeit eines fortlaufenden Betriebes, welche, wie oben erwähnt, nur bei einer verhältnissmässig sehr grossen Production gegeben wird.

2. Flammenröstöfen mit gasförmigem Brennmaterial.

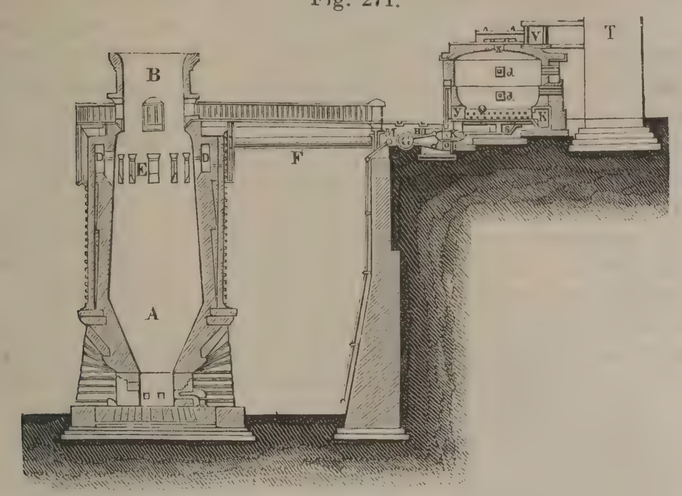
Hat man ein gasförmiges Brennmaterial zu Gebote stehen, so ist es weit einfacher, dasselbe im Röstofen selbst zwischen den Erzen zu verbrennen, als solches erst ausserhalb zu verbrennen und dann die Flamme in den Röstofen zu führen. Aus diesem Grunde finden sich auch Röstöfen der letzten Art höchst selten.

Als eines der wenigen Beispiele ist die zu Coltness in Schottland benutzte Vorrichtung anzuführen, bei welcher Hochofengase verwendet werden [1]).

[1]) Berg- u. Hüttenm. Zeitung. 1852. S. 579.

Die Gichtgase der sechs mit rohen Steinkohlen betriebenen Hochöfen AB (Fig. 271) werden durch die Oeffnungen E entzogen und durch

Fig. 271.



Röstofen zu Coltness.

den Ringcanal D und die Röhrenleitung F in das gemeinschaftliche Rohr G geführt. Von hier gelangen sie durch die Zweigröhren H in den Röstofen, nachdem sie den, einen Rost enthaltenden Raum $\frac{i}{o}$ passirt haben und dort entzündet worden sind. Ein Ventil M gestattet von der Hüttensohle aus, das Quantum der Gase zu reguliren, und ein zweites Ventil, ihre Richtung unter den Rost (nach o) oder über denselben (nach i) zu bestimmen. Durch die Röhren K gelangen die brennenden Gase in einen den Röstofen umgebenden ringförmigen Canal, aus dem sie endlich durch zahlreiche Oeffnungen Q ins Innere d treten.

Die Gicht des Röstofens ist für gewöhnlich bedeckt, und die Röstgase strömen durch den allen Oefen gemeinschaftlichen Canal V in die Esse T. Beim Beschicken des Röstofens wird der Schieber x geöffnet.

Es ist klar, dass durch ein derartiges Inbrandsetzen der Gase vor dem Einströmen in den Röstofen diejenigen Theile, welche als Leitung der Flamme zum Röstofen dienen, ungemein angegriffen werden müssen. Es wird in allen Beziehungen daher die Construction der folgenden Ofengruppe den Vorzug vor dieser Einrichtung verdienen.

b. Gasröstöfen.

Gasröstöfen sind entschieden die vollkommensten aller Röstöfen. Sie gestatten eine Verbrennung des Brennstoffs zwischen den Erzen selbst, ohne dass doch die Asche des Brennmaterials und mit ihr die schädlichen Bestandtheile derselben (namentlich phosphor- und schwefelhaltige Sub-

stanzen) unter die Erze gemengt werden; sie gestatten zugleich die Regulirung der Hitze während des Röstens, und die Herstellung einer je nach dem Zwecke oxydirend oder reducirend wirkenden Röstatmosphäre. Es ist ferner die Lage der Stelle, an welcher die grösste Hitze entwickelt werden soll, dadurch genau zu bestimmen, dass der Gasstrom höher oder tiefer eingeführt und verbrannt wird. Die gerösteten, noch heissen Erze können endlich im unteren Theile des Ofens zur Erwärmung der durch sie aufsteigenden Verbrennungsluft benutzt werden, was eine möglichst vollkommene Ausnutzung der Wärme bedingt.

Wenn trotz dieser Vorzüge die Gasröstöfen eine entsprechende Verbreitung bisher nicht gefunden haben, so liegt dies an folgenden Gründen:

Die Röstung mit eingeschichteten Brennmaterialien gestattet die Verwerthung eines sonst werth- und nutzlosen Brennmaterials, welches auf fast allen Hüttenwerken abfällt. Der Betrieb eines Röstofens mit eingeschichtetem Brennmaterial ist leichter zu leiten und kann selbst von gewöhnlichen Tagelöhnern wenn auch nicht in guter, so doch für den Zweck allenfalls ausreichender Weise geführt werden, während ein Gasröstofen intelligente Arbeiter oder eine stetige Aufsicht verlangt. Dies ist besonders dann hervortretend, wenn man besondere Anlagen zur Erzeugung der nöthigen Gase (Generatoren) machen will. Hochofengase aber hat man, wie dies früher (S. 330) erläutert wurde, nicht immer ausreichend zu Gebote, namentlich dann nicht, wenn man Dampfkraftgebläse anwendet, deren Kessel durch diese Gase geheizt werden. Nichtsdestoweniger darf nicht verkannt werden, dass der Gasröstofenbetrieb viel zu sehr vernachlässigt wird, und dass die in Schweden so vielfach erzielten ausserordentlichen Erfolge mit solchen Oefen zu einer häufigeren Nachahmung auffordern sollten.

1. Generatorgas-Röstöfen.

Gasröstöfen mit Kohlenoxydgasgeneratoren scheinen sehr wenig in Anwendung zu stehen. Die bereits angeführten Gründe für die geringe Verbreitung der Gasröstöfen im Allgemeinen kommen naturgemäss bei der Anlage besonderer Apparate zur Gaserzeugung vorzüglich zur Geltung.

Ein von Siemens construirter, in Tharand (bei Dresden) errichteter Kalkbrennofen für Generatorgase bietet, wenn man von den für einen bestimmten Zweck gewählten Dimensionen absieht, ein gutes Vorbild für ähnliche Anlagen. Er ist in Fig. 272 und 273 abgebildet. Das Kohlenoxydgas wird durch Düsen eingeleitet, welche von aussen leicht zugänglich und daher sowohl von Theeransätzen wie von Erzstaub (Kalkstaub) zu reinigen sind.

Der Schacht *a b* hat einen kreisrunden Querschnitt, im Raume *b* befindet sich das abgeröstete Gut, im Raume *a* das in der Röstung begriffene. *c c* sind die vier Gasdüsen, welche mit dem Ringcanal *d* communiciren. Letzterer erhält das Gas von der Leitung *e* aus. *f f* sind die Ziehöffnungen, welche mit Thüren verschlossen sind. In letzteren befin-

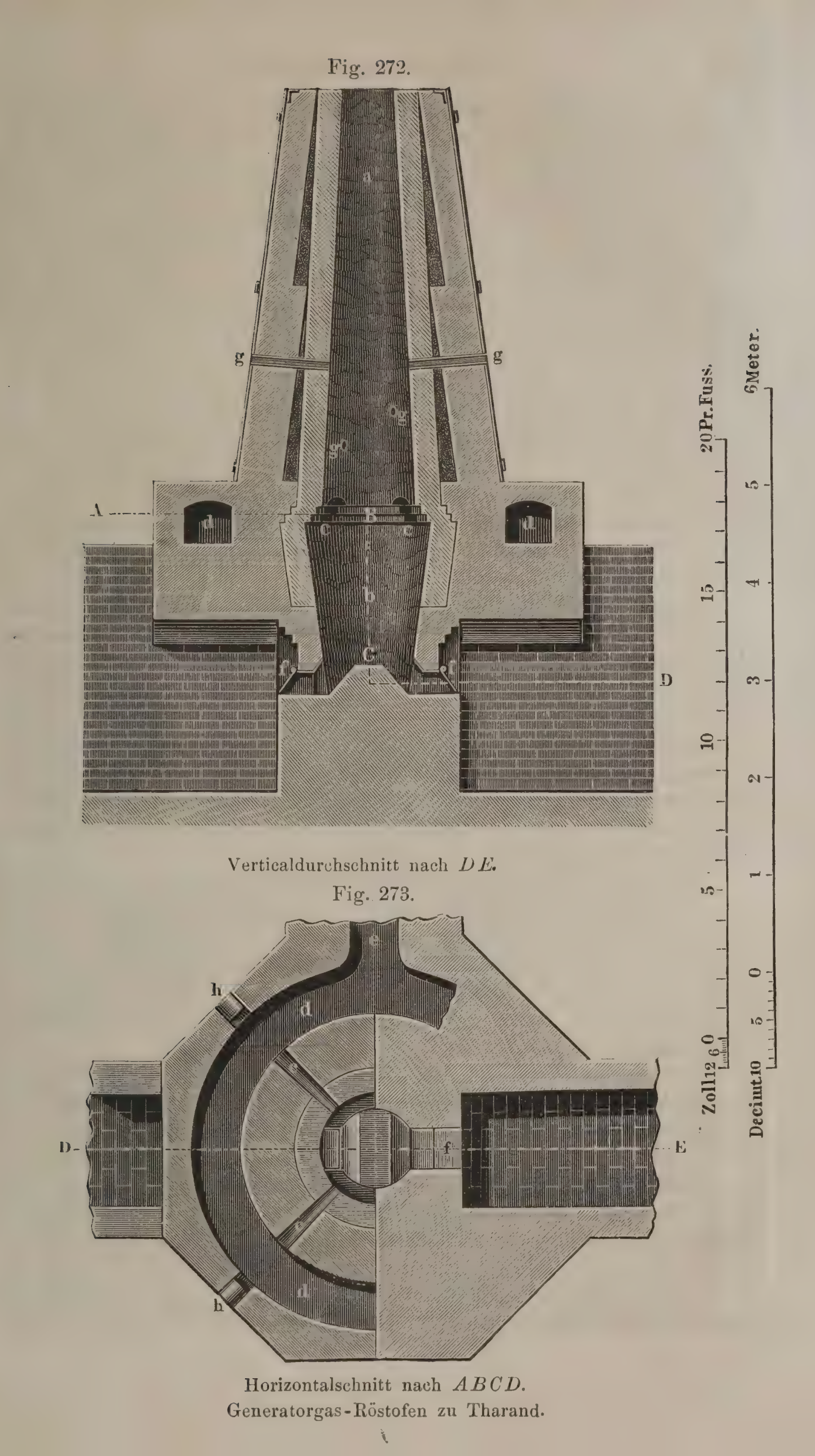


Fig. 272.

Verticaldurchschnitt nach *DE*.

Fig. 273.

Horizontalschnitt nach *ABCD*.

Generatorgas-Röstofen zu Tharand.

den sich die stellbaren Luftzutrittsöffnungen. Die Luft erwärmt sich beim Aufsteigen durch das abgeröstete Gut und bewirkt daher eine intensive Verbrennung des Gases bei ihrer Vereinigung mit demselben. Die Düsen können durch die Putzlöcher *h h* gereinigt werden. Die eingesetzten eisernen Röhren *g g* dienen theils als Schaulöcher, theils als Störräume, und bleiben für gewöhnlich während des Betriebes geschlossen.

Beim Inbetriebsetzen eines solchen Ofens wird derselbe zuerst mit etwas Holz und dann erst mit Röstgut versehen, um letzteres durch Verbrennen des Holzes in dunkele Rothgluth zu versetzen, ehe man das Gas zulässt, weil sich sonst leicht unverbranntes Gas ansammeln und zu Explosionen führen könnte [1]).

Eine für den ganz besonderen Zweck, sandige Raseneisenerze zu rösten, um sie dann leicht vom Sande trennen zu können, in Wietmarschen von Welckner errichtete Anlage bietet in vielen Beziehungen interessante Punkte und ist daher in Fig. 274 dargestellt [2]).

A ist der Gasgenerator mit Treppenrost *C*, aus welchem die im Kasten *a* von Theer gereinigten Gase durch *m*, wo sie sich mit Luft mischen, in den Röstapparat *B* gelangen.

Dieser besteht aus einem auf vier Säulen *b* ruhenden gusseisernen Trichter *c*. In demselben befindet sich auf drei Stützen *d* der innere, oben und unten durch conische Deckel geschlossene, gusseiserne Verbrennungscylinder *e*. Derselbe begrenzt nach innen den nach aussen vom gusseisernen Cylinder *f* umschlossenen Röstraum. Der Röstraum steht einerseits durch die gusseisernen Feuerbrücken *g* mit dem Verbrennungscylinder in Verbindung, andererseits auf dieselbe Weise mit dem den Röstraum umschliessenden, nach aussen durch einen Blechmantel *h* begrenzten Condensationsraume *i*. Auf dem Raume *i* stehen vier in die Esse *l* mündende Rauchröhren *k*.

Die den Feuerraum mit dem Condensationsraum verbindenden radial gestellten Feuerbrücken *g* sind nach unten offen und gestatten so die directe Berührung der Verbrennungsgase mit dem zu röstenden Erze. Sie erweitern sich nach aussen, um das herabsinkende Erz nach innen zu leiten und gleichzeitig hinreichenden Querschnitt für die abziehenden Wasserdämpfe zu liefern, welche zwar theils mit in die Esse geführt, theils aber in dem Raume *i* condensirt werden.

Der Apparat wird stets mit Erz bedeckt gehalten und ist unten vermittelst des Schiebers *n* verschlossen, durch den beliebige Quantitäten Röstgut abgelassen werden können. Das geröstete Erz fällt auf den Rätter *o*, wird dort vom Sande befreit und gelangt in den Möllerwagen *p*.

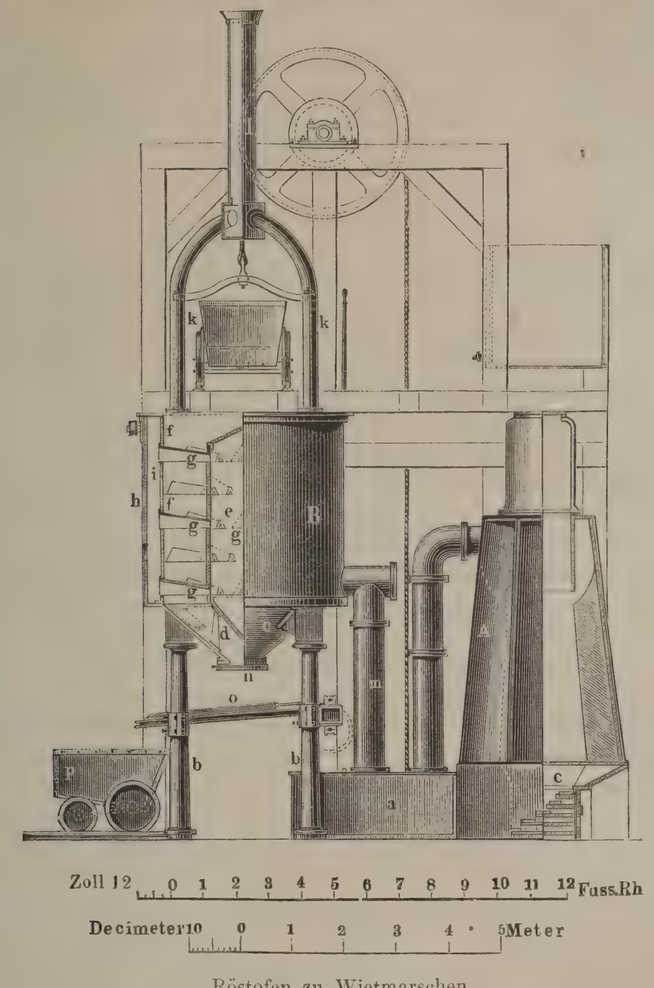
Der Apparat röstet täglich 20000 Kilogrm. (40000 Pfund) Erz bei einem Aufwande von 2,48 bis 3,10 Cubikmetern (80 bis 100 Cubikfuss) Torf und Holzkohlenklein (im Werthe von etwa $1^1/_3$ Thaler).

---

[1]) Compendium der Gasfeuerung von F. Steinmann. S. 96. — [2]) Berg- u. Hüttenm. Zeitung 1863. S. 61.

Ist auch dieser Apparat nur für einen localen Zweck construirt, so giebt er doch die Anleitung, wie man bei fein vertheilten (z. B. mulmigen und beim Trocknen in Staub zerfallenden) Erzen zu verfahren hat.

Fig. 274.



Röstofen zu Wietmarschen.

Würde man diese in einem gewöhnlichen Schachtofen rösten wollen, so würden die Gase keinen Durchgang durch die zu dicht liegende Erzsäule finden. Die zugleich die heissen Gase in das Erz leitenden Brücken *g* halten aber hier das Erz beim Herabrücken locker. Es bildet diese Einrichtung einen Uebergang zur Anwendung ähnlicher Apparate, wie der Gerstenhöfer'sche, bisher nur für Schwefelerze bestimmte

Ofen [1]). Hier fallen die Erze dem aufsteigenden heissen Gasstrome entgegen, und zwar ganz frei von Brücke zu Brücke. Es liegt kein Grund vor, nicht ähnlich zu verfahren beim Rösten von mulmigen Eisenerzen, bei denen allerdings die Anwendung eines besonderen Brennmaterials erforderlich ist, während bei den Schwefelerzen der verbrennende Schwefel die nöthige Wärme entwickelt.

Die Seltenheit der Verhüttung von mulmigen Erzen, welche einer Röstung bedürfen, hat indessen noch nicht zu genügenden derartigen Versuchen geführt, so dass über ihre ökonomische Ausführbarkeit keine Resultate vorliegen.

2. Hochofengas-Röstöfen.

Lage der Oefen. Hochofengas-Röstöfen können nur in der Nähe von Hochöfen angelegt werden. Es wird daher vor ihrer Einrichtung zuerst zu überlegen sein, ob es ökonomischer ist, die Erze auf der Hütte zu rösten, als auf der Grube, ob also der Vortheil, welcher durch Benutzung der Hochofengase, durch geeignete Aufsicht u. s. w. entsteht, die Mehrkosten des Transportes aufwiegt. Röstet man kohlensäurehaltige Erze, so wird es meist ökonomischer sein, den Process auf der Grube vorzunehmen, da in diesem Falle durch das Rösten ein bedeutendes Gewicht beim Transport gespart wird. Röstet man nur der Auflockerung oder eines Schwefelgehaltes wegen, so wird das Gewicht des Erzes nicht wesentlich verändert und das Rösten auf der Hütte daher vorzuziehen sein, falls nicht etwa die Entfernung der Förderpunkte von der Hütte sehr gering ist.

In Betreff des Niveaus, auf welchem die Hochofengas-Röstöfen stehen müssen, ist man weit mehr beschränkt, als bei den anderen Apparaten, zu denen Gichtgase benutzt werden, also als bei Dampfkesseln und Winderhitzungsapparaten, für welche auch in dem Falle der Gasentziehung bei offener Gicht der nöthige Saugapparat in Form einer Esse leicht anzubringen ist [2]). Sobald dagegen bei Benutzung der Gichtgase zum Rösten Gasfänge mit offener Gicht (vergl. S. 331 u. f.) angewendet werden, ist es nöthig, die Hochofengase durch den Röstofen absaugen zu lassen. Es darf mithin der bis zur Gicht des Röstofens zu überwindende Widerstand immer nur ein geringerer sein, als der, welchen die Gase von ihrem Entziehungspunkte im Hochofen bis zu dessen Gicht erleiden. Wäre der Reibungswiderstand in beiden Fällen gleich, so dürfte die Gicht des Röstofens keinenfalls tiefer als die des Hochofens liegen. Ist die Erzsäule über den Einströmungsöffnungen der Gase im Röstofen niedriger, als die Säule der Beschickung über den Gasentziehungsöffnungen im Hochofen, so kann die Gicht des Röstofens der Differenz der Druckhöhen entsprechend

---

[1]) Vergl. Zeitschrift f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen im preussischen Staate. 1866. Abthl. B, S. 1. — [2]) Vergl. S. 324.

Fig. 275. Längsschnitt nach der Linie x . . . x der Fig. 276.

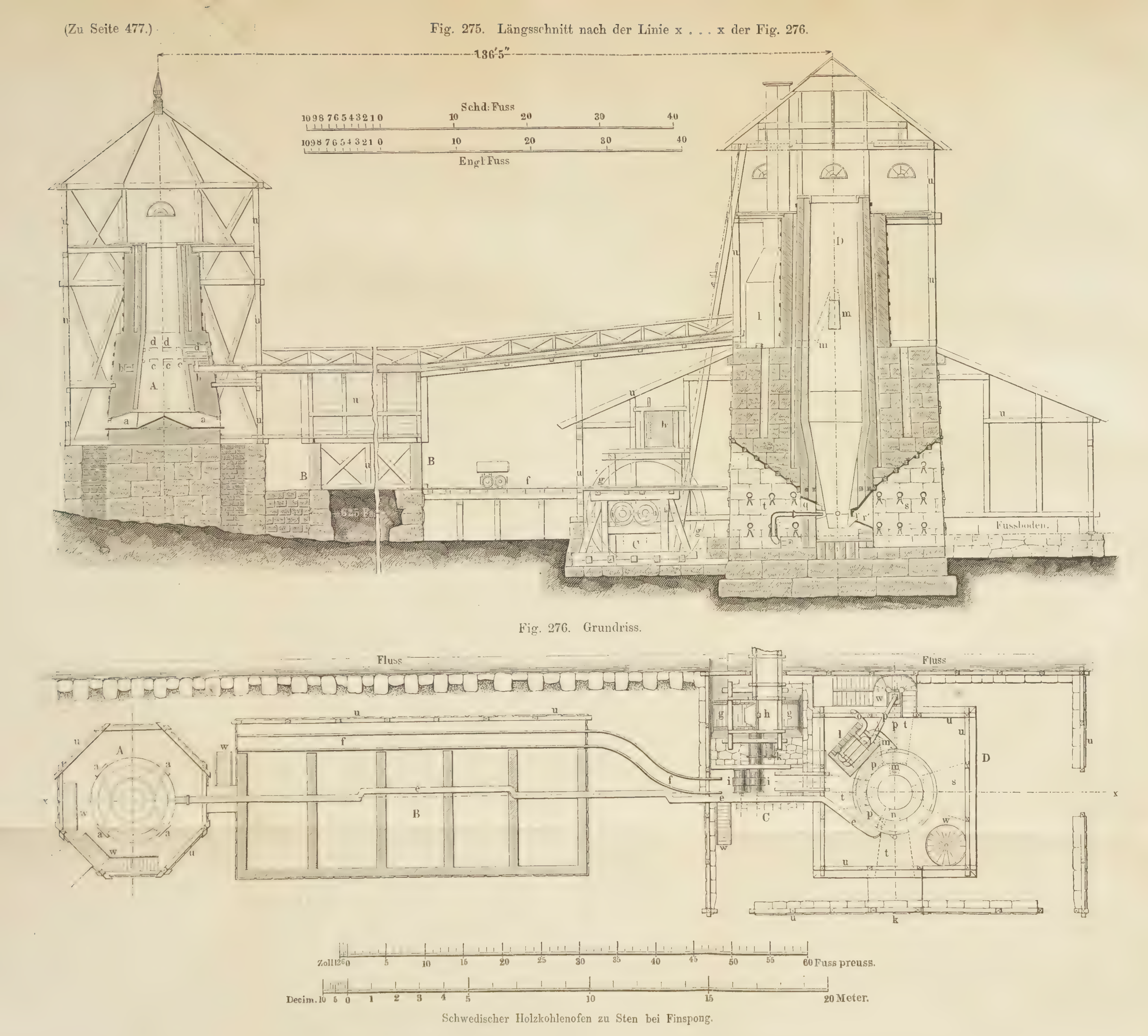


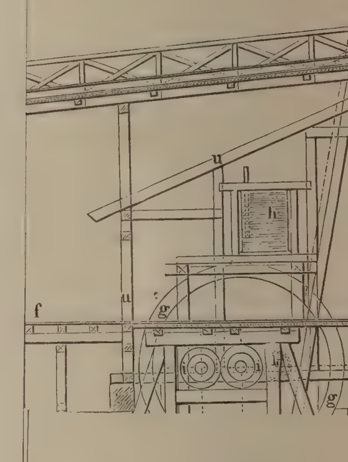
Fig. 276. Grundriss.

Schwedischer Holzkohlenofen zu Sten bei Finspong.

gsschnitt nach der Linie x . .

20 30 40

20 30 40



tiefer liegen. Sie darf aber niemals das Niveau der Gasentziehungsöffnungen erreichen, oder gar noch tiefer liegen. Man könnte allerdings auch die Gicht des Röstofens mit einer Esse versehen, welche die Gicht des Hochofens überragt — und man thut dies auch zuweilen — aber man hindert durch eine solche Einrichtung das Aufgeben der zu röstenden Erze und erschwert den Betrieb.

Aus diesen Gründen pflegt man auch in Schweden, wo die Hochofengas-Röstöfen die grösste Verbreitung gefunden haben, die Gasleitung vom Hochofen zum Röstofen horizontal oder selbst etwas ansteigend, selten ein wenig abfallend zu führen, wie dies in den Figuren 275 und 276 auf nebenstehender Tafel dargestellt ist.

Hat man es mit geschlossener Hochofengicht zu thun, so ist die Lage des Röstofens gleichgültig, und man kann ihn ohne Nachtheil auf die Hüttensohle stellen, wodurch man bei ebenem Terrain bedeutend an Anlagekosten für Fundamente spart.

Einleitung und Verbrennung der Gase. Die Röstöfen sind sehr günstige Apparate für eine zweckmässige Verbrennung von Hochofengasen. Die niederrückende Erzsäule ist gewissermaassen als Regenerator zu betrachten. Sie bildet eine vorzügliche Verbrennungskammer (vergl. S. 375). Die Gase treffen bei stetigem Betriebe des Ofens stets auf Körper, welche eine zu ihrer Entzündung hinreichend hohe Temperatur besitzen. Ein Verlöschen kann daher niemals eintreten, so lange die nöthige Verbrennungsluft vorhanden ist. Die Verbrennungsluft ihrerseits findet in der in den abgerösteten Erzen aufgespeicherten Wärme eine ausreichende Gelegenheit zu ihrer eigenen Erwärmung, welche bei den meisten anderen Röstöfen ungenutzt verloren geht.

Die Einleitung der Gase sollte daher auch niemals an der Sohle des Ofens, sondern immer in einer gewissen Höhe darüber geschehen, die Verbrennungsluft dagegen sollte den darunter liegenden mit heissen Erzen gefüllten Raum ganz durchstreichen. Die Schwierigkeit bei einer solchen Einrichtung, den Verbrennungsluftstrom in genau angemessener Stärke und in richtiger Vertheilung einzuführen, ist gewiss nicht unüberwindlich, hat allerdings aber dahin geführt, in der Praxis meistentheils Constructionen anzuwenden, bei denen der so nahe liegende Vortheil der Vorwärmung unbenutzt bleibt.

Die Gaseinführung geschieht am zweckmässigsten durch röhren- oder schlitzförmige Düsen, welche rings am Ofen vertheilt sind. Eine Einführung des Gases in das Centrum des Ofens, etwa durch eine dem Kegelrost (s. S. 448) ähnliche Vorrichtung ist zuweilen versucht, aber deswegen meist aufgegeben, weil die so gelegenen Gaszuführungsöffnungen schwer zugänglich und daher auch schwierig zu reinigen sind. Es ist aber die Reinigung der Gasdüsen von Erzstaub häufig nöthig. Uebrigens dringen die Gase, welche sich bei ihrer Verbrennung sehr ausdehnen, verhältnissmässig leicht in das Innere des Ofens ein, so dass selbst bei

einem ziemlich weiten Ofenschacht eine ungleichförmige Röstung nicht zu besorgen ist. Stellt sich bei einem vorhandenen Röstofen heraus, dass die Erzsäule in der Mitte zu wenig erhitzt wird, so hilft man sich wohl durch Einschichten von etwas festem Brennmaterial im Centrum des Schachtes, obwohl in den meisten Fällen eine sorgfältige Beschickung des Ofens, bei der die grossen Stücke nur in die Mitte, die kleinen nur an den Rand kommen, wirksamer ist.

Die Verbrennungsluftzuführung geschieht entweder durch die Ziehöffnungen, oder durch besondere Roste, welche in ähnlicher Weise angeordnet sind, wie die Roste der Oefen, welche mit eingeschichtetem Brennmaterial betrieben werden; oder aber sie geschieht endlich durch besondere Luftzuführungsöffnungen. Letztere legt man gewöhnlich unmittelbar unter die Gaszuströmungsöffnungen, obwohl, wie erwähnt, eine tiefere Lage derselben richtiger wäre. Die Verbrennungsluft wird theils als Zugluft angesogen, theils als Wind eingeblasen. Das letztere Verfahren, dessen Einführung wir dem Director Westman zu Upsala, einem um die Entwickelung der Hochofengas-Röstöfen sehr verdienten Manne, zu danken haben, ist entschieden das vollkommnere, da nur auf diese Weise das Quantum der Verbrennungsluft hinreichend regulirt werden kann.

Form des Schachtes. Es finden sich zuweilen, z. B. in Vordernberg, stadelartige Hochofengas-Röstöfen; bei ihnen ist indessen eine Einschichtung von Brennmaterial nothwendig, und die Hochofengase dienen daher nur zur Hülfsfeuerung.

Schächte von kreisrundem oder elliptischem Horizontalquerschnitte sind am geeignetsten bei ausschliesslicher Anwendung von Hochofengasen, weil sie am solidesten hergestellt und am leichtesten in einer Art construirt werden können, dass sie den Bedingungen zu einer zweckmässigen Gasverbrennung genügen. Man macht da, wo man es mit Erzen zu thun hat, die nur aufgelockert, dagegen chemisch nicht wesentlich verändert werden sollen, den Schacht in allen seinen Höhen von gleichem Querschnitt, oder giebt ihm nach unten zu eine wenn auch nur wenig grössere Weite. Bei Spath- und Brauneisensteinen erweitert man dagegen den Schacht nach der Gicht zu. Ausgebauchte Formen wurden früher, ohne dass dafür ein haltbarer Grund vorlag, mehrfach gebaut, sind neuerdings aber kaum noch in Anwendung.

Nur dann, wenn man es mit mulmigen oder sehr kleinkörnigen Erzen zu thun hat, geht man von der runden Schachtform ab und wählt einen quadratischen und oblongen Querschnitt von kleinen und in allen Höhen gleichbleibenden Dimensionen.

Stadelartige Hochofengas-Röstöfen. Die Vordernberger mit Gichtgasen betriebenen Röstöfen bestehen aus 1,26 Meter (4 Fuss) langen und ebenso hohen, oben 0,95 Meter (3 Fuss) breiten, nach unten auf 0,63 Meter (2 Fuss) verengten Räumen, welche von einander durch Scheide-

wände getrennt sind und an einer gemeinschaftlichen Rückwand liegen, während sie nach vorn durch eiserne Thüren abgesperrt werden. Als Sohle dient ein Rost, unter welchem sich der 0,95 Meter (3 Fuss) hohe Kühlraum befindet.

Die Scheidewände, welche oben 0,158 Meter (6 Zoll), unten 0,474 Meter (18 Zoll) stark sind, werden von je einem Canale ihrer ganzen Länge nach durchzogen. Aus diesem Canale führen nach beiden Seiten in die anstossenden Oefen, 26 Millimeter (1 Zoll) über dem Roste, Spalten von 6,6 Millimetern ($^1/_4$ Zoll) Höhe, durch welche die Gase ausströmen.

Aus der hinter den Ofen entlang laufenden Leitung gelangen die Gase in jene Canäle, und ihre Menge kann durch Schieber regulirt werden.

Gichtgas-Schachtröstöfen mit Zugverbrennungsluft.

Gichtgas-Schachtröstöfen ohne Rost. Die eigentlichen Schachtröstöfen für Gichtgasbetrieb haben in Schweden ihre Entwickelung gefunden und sich von dort namentlich in den ihnen von Westman gegebenen vollkommenen Formen Eingang nach Russland, Nordamerika u. s. w. verschafft, weniger sind sie nach Deutschland und England gedrungen, obwohl sie sich überall da empfehlen, wo die angegebenen Bedingungen, namentlich Röstung auf der Hütte und ausreichende Mengen von Hochofengasen, zutreffen.

Der älteste, einfachste, aber auch unvollkommenste, indessen noch viel verbreitete dieser Oefen ist in den Figuren 277 a und 277 b (a. f. S.) im Vertical- und Horizontalquerschnitt abgebildet. Ein solcher war unter anderen 1848 zu Tenninge in Stora Kopparbergs Län errichtet worden.

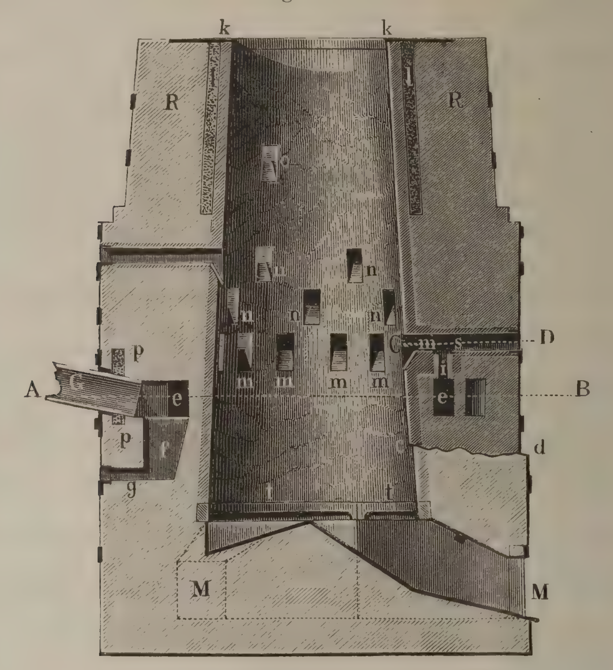
Fig. 277 a ist ein senkrechter Durchschnitt, im Ganzen nach der Linie EF, dagegen rechts oben über der Linie cd nach GH der Fig. 277 b, Fig. 277 b ist ein horizontaler Durchschnitt zum grössten Theil nach AB der Fig. 277 a und nur rechts oben zwischen den Linien zu und wv nach der Linie CD der Fig. 277 a[1]). Das Ofengemäuer besteht aus dem durch Eisenringe verankerten Rauhschacht R und dem Kernschacht K, sammt einer Füllung l im oberen Theile. Der Boden ist mit gusseisernen Platten belegt und fällt nach den drei Ausziehöffnungen M zu ab. Diese sind mit gut schliessenden Eisenthüren versehen, welche ihrerseits wieder zweizöllige, mit Reibern verschliessbare Löcher zur Regulirung des Luftzutritts besitzen. Die eisernen Tragstücke t begrenzen die Ziehöffnungen und tragen zugleich den Kernschacht. Die Zuführung der Hochofengase erfolgt durch die 0,314 Meter (12 Zoll) weite eiserne Röhre G, welche vermittelst der Aschenfüllung p im Gemäuer des Ofens gedichtet ist. Die Vertiefung f dient zum Absetzen des Gichtstaubes, welcher durch die Oeffnung g entfernt werden kann. Die Gase vertheilen sich in dem ringförmigen Canale ee um den ganzen Ofen herum und treten durch zwölf

---

[1]) Vergl. Scheerer, Metallurgie. Bd. II, S. 178.

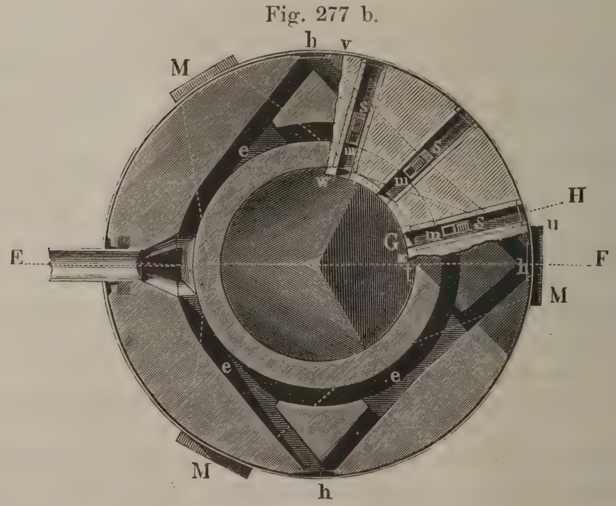
aufwärts steigende Füchse *i* und die mit denselben verbundenen horizontalen Canäle *m* in den Ofen ein. Die horizontalen Canäle sind nach

Fig. 277 a.



Verticaldurchschnitt nach *EF* und *GH*.

Fig. 277 b.



Horizontaldurchschnitt nach *AB* und *CD*.

Gichtgas-Schachtröstofen mit Zugverbrennungsluft zu Tenninge in Schweden.

aussen verlängert und lassen sich von *D* aus reinigen, sind aber dort für gewöhnlich durch eiserne Thüren verschlossen. Ein Schieber *s* regulirt das Gasquantum. Die Verbrennungsluft gelangt durch die drei Zieh-öffnungen *M* in den Ofen. Die höher gelegenen Canäle *n* und *o* (Störräume) dienen zur Beobachtung des Röstprocesses und gleichzeitig zum Einführen von Brechstangen, im Falle Versetzungen im Ofen eintreten. Die Höhe des Schachtes von den Trageisen *t* bis zur Gicht ist 5,02 Meter (16 Fuss), der Gichtdurchmesser 1,57 Meter (5 Fuss), der untere Schachtdurchmesser 2,20 Meter (7 Fuss). Die Gasausströmungen *m* liegen 1,41 Meter ($4^1/_2$ Fuss) über den Trageisen und sind an ihrer Ausmündung je 0,157 Meter ($^1/_2$ Fuss) breit und 0,314 Meter (1 Fuss) hoch.

Zu dieser Art Röstöfen gehört auch der in Fig. 275 und 276 auf der zu Seite 477 gehörigen Tafel abgebildete und dort *A* genannte Apparat. Derselbe unterscheidet sich wesentlich nur dadurch von den vorher beschriebenen, dass er vier Ausziehöffnungen *a a* hat. Das Gasrohr ist hier mit *e*, der ringförmige Canal mit *b*, die Ausströmungsöffnungen sind mit *c* bezeichnet. Letztere haben zwar auch einen oblongen Querschnitt, die längere Seite liegt aber horizontal. *d* sind die Störräume. Der Ofen erweitert sich in der unteren Hälfte sehr stark, damit die in dem heissesten Theile etwa gefritteten Erze beim weiteren Niedergange von selbst wieder zerbrechen. Eiserne Ringe verankern das ganze Mauerwerk. Der Ofen ist in einem Holzgebäude *u* enthalten, um die Arbeiter bei rauhem Wetter zu schirmen und den Gang des Ofens gegen den Einfluss des Windes zu schützen. Drei Etagen ziehen sich rings um den Ofen, die oberste zum Beschicken, die unterste zum Ziehen, die mittlere, um zu den Gasleitungen, Schaulöchern u. s. w. zu gelangen.

Diese Oefen haben je nach dem zu röstenden Erze mancherlei Abänderungen erfahren. Die unter dem Namen Dannemora-Oefen in Schweden ebenfalls viel verbreiteten Röstapparate unterscheiden sich von den oben beschriebenen Apparaten wesentlich durch die geringere Höhe der Gaseinströmungsöffnungen über dem Boden. Es hat diese Einrichtung dann ihre Berechtigung, wenn, wie in Dannemora selbst, die Erze stets so stark geröstet werden, dass sie sich erweichen und zusammenbacken. In diesem Falle muss man durch die Ziehöffnungen bequem in den Ofen gelangen können, was bei einem grösseren Höhenunterschiede sehr schwierig ist [1]).

Eine wesentliche Verbesserung der geschilderten Gichtgasröstöfen wurde dadurch erzielt, dass man das Gasvertheilungsrohr nicht in dem Mauerwerke, sondern ausserhalb des letzteren anlegte. Man führt zu diesem Zweck ein gusseisernes auf einem Mauervorsprunge aufliegendes Rohr von circa 0,31 Meter (1 Fuss) Durchmesser rings um den Ofen herum und leitet vermittelst kleiner, eingemauerter Krümmlinge das Gas aufwärts in die horizontalen Ausströmungscanäle.

---

[1]) Vergl. Tunner, Eisenhüttenwesen in Schweden. S. 26.

Auch hat man die Zahl der Ausziehöffnungen bis auf fünf vermehrt und dadurch eine gleichmässigere Vertheilung der Verbrennungsluft und einen regelmässigeren Niedergang der Beschickung erzielt.

Eine abweichende Gaseinführung ist zu Hof angewendet worden. Um nämlich den Uebelstand zu umgehen, dass bei Schächten von mehr als etwa 1,88 bis 2,20 Meter (6 bis 7 Fuss) Weite die Gase, selbst bei Röstung locker liegender Stufferze, nicht genügend ins Innere der Erzsäule dringen, hat man quer durch den im Horizontalquerschnitte elliptisch geformten, 3,14 Meter (10 Fuss) langen, 2,35 Meter ($7\frac{1}{2}$ Fuss) breiten Ofen in der Längenaxe ein Gasrohr gelegt, welches an jeder Seite mit 16 Ausströmungsdüsen von 29,4 bis 39 Millimeter ($1\frac{1}{8}$ bis $1\frac{1}{2}$ Zoll) Durchmesser versehen ist. Dies Rohr ruht auf einem dachförmigen Bocke, welcher von gusseisernen, mit Schlitzen versehenen Platten gebildet wird und zugleich den Boden des Ofens vertritt, auf dem die Erze zu den Ziehöffnungen abgleiten. Die Verbrennungsluft tritt unter dem Bocke in den Ofen und durch die Schlitze zu dem ausströmenden Gase. Die ganze Vorrichtung ist durch ein kleines gusseisernes Dach geschützt.

Gichtgas-Schachtröstöfen mit Rost. Während die beschriebenen Schachtröstöfen ohne Rost mit grossem Schachtquerschnitte sehr geeignet für Stückerze sind, gelingt es in denselben weniger gut, mulmige Erze zu rösten, und man ist daher in Steiermark auf Gasröstöfen mit kleinem, oblongem Querschnitte bei Anwendung eines Rostes gekommen, Oefen, welche als eine weitere Entwickelung der oben beschriebenen Stadelöfen anzusehen sind.

Die in den Figuren 278 bis 280 dargestellten Oefen sind 1866 auf dem Seissler'schen Hüttenwerke zu Vordernberg von Fillafer construirt und errichtet worden [1]). Fig. 278 ist links eine Ansicht des Ofencomplexes, rechts ein Verticaldurchschnitt durch die Mitte einer Ofenabtheilung; Fig. 280 (S. 484) ist ein rechtwinklig hierzu stehender Verticalschnitt nach der Linie *CD* der Fig. 279; Fig. 279 endlich zeigt einen Horizontalschnitt, welcher links durch die Hauptgascanäle, sodann in dem mit *B* bezeichneten Theile durch das Niveau über den Rostbalken, im mittleren Theile (*a a*) durch die Gaseinströmungsöffnungen, ferner in dem mit *A* bezeichneten Theile durch ein Niveau über der Gicht, und ganz rechts schliesslich durch die Esse gelegt ist.

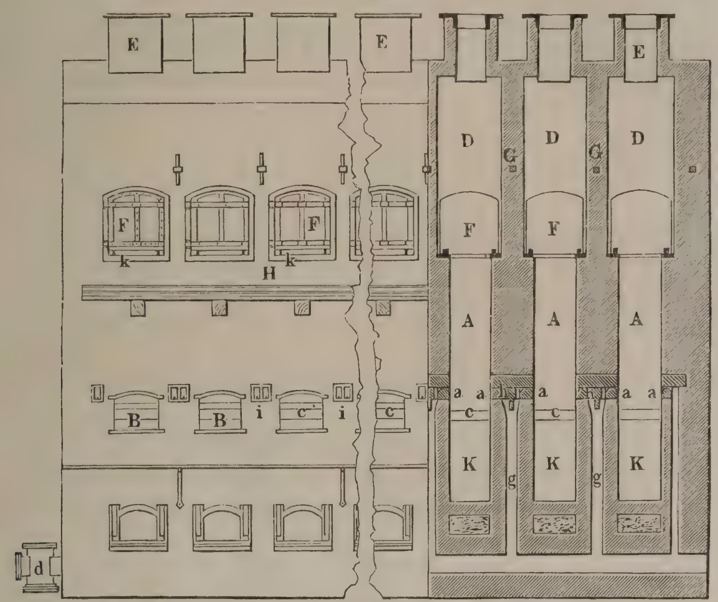
Man hat dort vierzehn kleine Schachtöfen in zwei Reihen an einander gebaut. *A* ist der Schacht. Durch je sieben Schlitze *a*, welche an der langen Wand jedes Ofens liegen und sich circa 0,31 Meter (12 Zoll) hoch über den Rostträgern *c* befinden, treten die Gase ein. Der Ofenschacht hat nur 2,20 Meter (7 Fuss) Höhe von Gicht bis Rost, aber unter dem Rost befindet sich noch ein Kühlraum *K*. Die Roststäbe werden je nach dem Bedarf einzeln herausgezogen, um das Erz in den Kühlraum gelan-

---

1) Kerpely, Fortschritte der Eisenhüttentechnik. 1866. 3ter Jahrgang. S. 17.

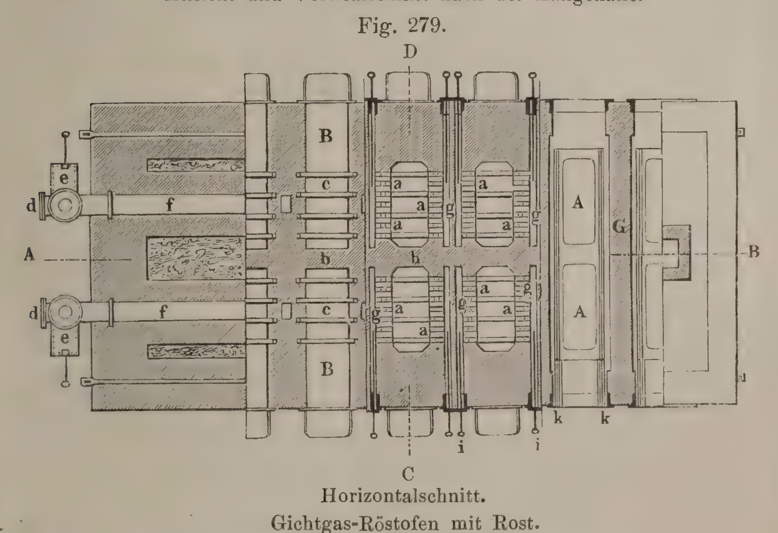
gen zu lassen. Durch die Oeffnungen *B* wird der Rost gereinigt, sowie das Herausnehmen der Roststäbe besorgt.

Fig. 278.



Ansicht und Verticalschnitt nach der Längenaxe.

Fig. 279.



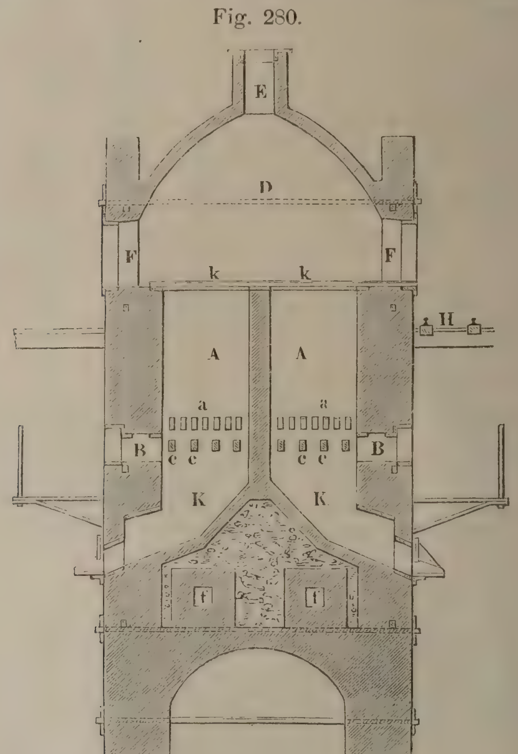
Horizontalschnitt.
Gichtgas-Röstofen mit Rost.

Der ganze Ofencomplex ist mit einem gemeinschaftlichen Rauchmantel *D* versehen, welcher für je zwei zusammengehörige Oefen eine Esse *E* besitzt. Die Aufgebeöffnungen *F* sind durch Blechthüren, welche in

eisernen Rahmen K hängen, verschliessbar. Auf der Bahn H (Fig. 278 und Fig. 280) kommen die Wagen mit rohem Erze zum Ofen.

Die Gase gelangen durch die mit einem Schieber e versehenen Röhren d in den Hauptcanal f von 0,26 Meter (10 Zoll) Breite und 0,31 Meter (12 Zoll) Höhe, treten dann in die verticalen in den Zwischenwänden der Oefen gelegenen Canäle g und von dort durch die Schlitze aa in den Ofen.

Fig. 280.



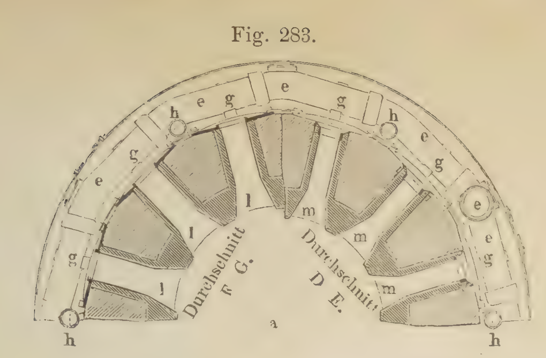
Verticalschnitt nach CD der Fig. 279.
Gichtgas-Röstofen mit Rost.

Letztere sind durch besonders geformte Ziegeln gebildet und haben einen dachförmigen Boden, damit etwa darin sich absetzender Staub entweder in den leicht zu reinigenden Hauptcanal oder in den Ofen zurückfalle. Sie lassen sich auch durch die Oeffnungen ii, in denen zugleich die Zugstangen für die Regulirungsschieber liegen, reinigen und haben an ihrer Mündung eine Breite von 79 Millimetern (3 Zoll) und eine Höhe von 4,4 bis 6,6 Millimetern (2 bis 3 Linien).

Man sieht, dass hier der Kühlraum in ähnlicher Weise zur Erwärmung der Verbrennungsluft dient, wie der unter den Gaseinströmungen gelegene Raum der schwedischen Oefen, und dass der Hauptunterschied darin liegt, dass bei diesen die ganze Erzmasse continuirlich vorwärts

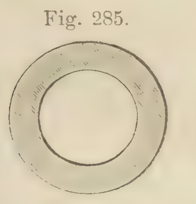
Westman's Gichtgas-Schachtröstofen mit Gebläseverbrennungsluft.

Fig. 283.



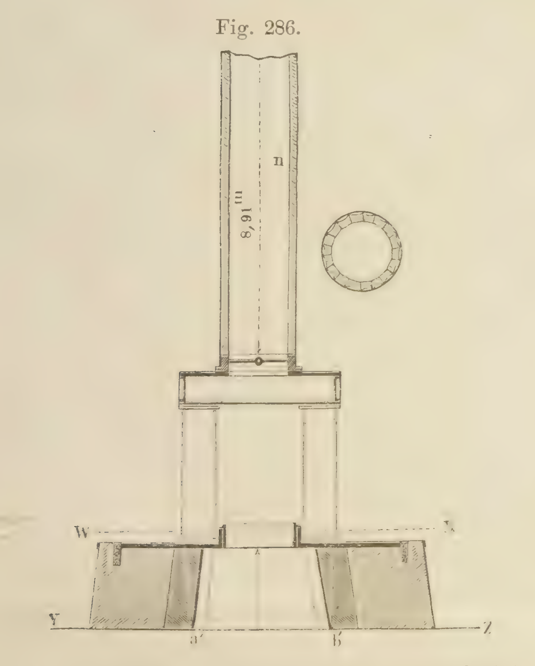
Horizontalschnitt nach *FG* und *DE* der Fig. 281.

Fig. 285.



Horizontalschnitt nach *OP* der Fig. 281.

Fig. 286.



Verticalschnitt einer einfacheren Form nach *TU* der Fig. 287.

Fig. 281.

Verticalschnitt, rechts nach *BA*, links nach *AC* der Fig. 282.

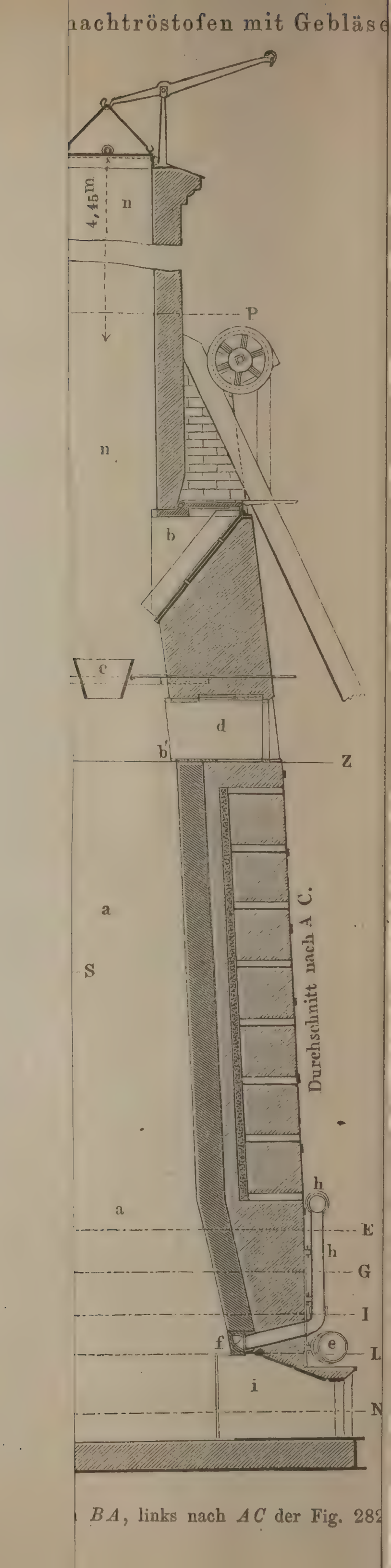
Fig. 282.

Horizontalschnitt nach *MN*, *KL* und *HI* der Fig. 281.

Fig. 287. Fig. 284.

Horizontalschnitt links nach *RS* der Fig. 281 und rechts nach *WX* der Fig. 286.

ıachtröstofen mit Gebläse



ı BA, links nach AC der Fig. 28

rückt, sobald gezogen wird, während bei jenen der Ziehraum vom Röstraum durch einen Rost getrennt ist. Der Rost ist daher die wesentliche Einrichtung, durch deren Anwendung das zu dichte Liegen der Erze verhindert und die Röstung von mulmigen Erzen und von Erzklein ermöglicht wird.

Gichtgas-Schachtröstöfen mit Gebläseverbrennungsluft.

Durch Einführung von Gebläsewind zur Verbrennung der Hochofengase hat Westman[1]) dem schwedischen Gasröstofen eine Vollkommenheit gegeben, welche bereits seine Ausbreitung auf 50 bis 60 schwedische, mehrere amerikanische (z. B. Ringwood bei New-York) und einige russische Hütten seit der kurzen Zeit seiner Construction veranlasst hat.

Dieser Ofen ist in den Figuren 281 bis 287 (auf nebenstehender Tafel) abgebildet. Fig. 281 ist ein verticaler Durchschnitt, Fig. 282 bis 285 sind horizontale Schnitte nach den entsprechenden Linien der ersten Figur. Fig. 286 endlich zeigt eine einfachere Form des oberen Ofentheiles und Fig. 287 diesen in oberer Ansicht und Horizontalschnitt. *a* ist der in allen Horizontalquerschnitten kreisförmige Ofenschacht. In denselben wird das Erz durch das Rollloch *b*, welches in den Zwischenzeiten mit einer Klappe verschlossen ist, eingestürzt. Der durch eine Stange von aussen bewegliche Trichter *c* leitet das Erz zur Mitte des Ofens, damit in Folge dessen die gröberen Stücke nahe der Achse desselben liegen bleiben. Die Oeffnung *d* erlaubt den Blick auf die Gicht *a′ b′* des Ofens und lässt erkennen, ob derselbe gefüllt ist und ob die Erze richtig angeordnet sind, gestattet auch den Zugang mit Instrumenten zur Nachhülfe, falls solche nöthig ist. Durch das ringförmige Rohr *e*, welches rund um den Ofen läuft, wird das Gas zugeführt. Es strömt durch die kleinen Ansätze *g* und die verticalen Canälchen *r* in die Gasdüsen *k*, deren zwölf gleichmässig im Kernschacht vertheilt sind.

Das kranzförmige Trageisen des Kernschachtes *f* ist hohl gegossen und mit vierundzwanzig kleinen als Windformen dienenden Oeffnungen versehen. Durch dieselben strömt der Wind, der von dem Rohre *h* aus in das Trageisen gelangt, in den Ofen. *i* sind die sechs Ziehöffnungen, *l* und *m* Störräume, durch welche vermittelst Brechstangen etwaige Versetzungen beseitigt werden können. *o o* sind Schaulöcher.

Der Schornstein *n* wird entweder in der in Fig. 281 angegebenen Art unmittelbar mit dem Ofen verbunden und besitzt nur die verschliessbare Oeffnung *b* zum Aufgeben, oder er wird als getrennter Theil dem Schachte aufgesetzt, und dient dann lediglich als Schlott zur besseren Abführung der Gase. Im letzteren Falle ruht er auf Säulen, zwischen denen das Erz aufgegeben wird, wie dies in Fig. 286 und 287 zu sehen ist. Eine Registerklappe oder ein Ventil regulirt in demselben den Austritt der Verbrennungs- und flüchtigen Röstproducte.

---

[1]) Welchem der Verfasser die folgenden Zeichnungen und Mittheilungen verdankt.

Auch bei diesem Ofen dienen kleine horizontale Schieber, welche auf dem Boden der Canäle *k* gleiten und von Aussen gehandhabt werden können, zur Regulirung des Gasstromes. Der Abstand der Gaseinströmungsöffnungen vom Boden ist, wie bei dem Dannemora-Ofen, gering, wenn die Erze sehr stark geröstet werden sollen, und das beinahe bis zum Schmelzen erhitzte Röstgut daher von den Ziehöffnungen *i* aus herabgebrochen werden muss; grösser dagegen ist dieser Abstand in allen Fällen, in welchen eine bedeutende Versetzung nicht zu fürchten ist. Die grossen nach innen sich erweiternden Störräume *l*, *m* und die zu demselben Zwecke gleichfalls benutzbaren Gasdüsen *k* erleichtern übrigens ein Nacharbeiten mit der Brechstange.

Durch die Windformen des Canals *f* soll nur die nöthige Verbrennungsluft zugeführt werden. Dagegen wird diejenige Luft, welche zur Oxydation des Schwefels etc. in den heissen Erzen dient, durch regulirbare Oeffnungen in den Verschlussthüren der Ziehlöcher *i* eingesogen.

Da, wo alles Hochofengas zu anderen Zwecken bereits in Anspruch genommen ist, kann der Ofen auch mit Generatorgasen betrieben werden, ohne dass an seiner Construction etwas geändert zu werden braucht.

Es sind übrigens derartige Oefen mit Schachtdurchmessern von 1,88 bis 3,14 Meter (6 bis 10 Fuss) ausgeführt worden, welche sich nur durch die von 5 bis auf 10 steigende Zahl der Erzziehöffnungen und eine entsprechende Menge Gasdüsen und Störräume unterscheiden.

Betrieb der Gichtgas-Röstöfen. Das Abwärmen eines neu gebauten Gasröstofens geschieht sehr leicht vor der Füllung mit Erz durch brennende Gase. Beim Beginne des Betriebes füllt man da, wo ein alter Vorrath von gerösteten Erzen vorhanden ist, den Ofen vor dem Anlassen des Gasstromes mit solchen Erzen bis in die Nähe der Gaseinströmungsöffnungen, und mengt den darauf gestürzten rohen Erzen einige Lagen leicht entzündlichen Brennmaterials bei. Erst, nachdem dieses Brennmaterial von den Störräumen aus angezündet worden ist, lässt man das Gas zuströmen, welches bald die Erze in eine solche Temperatur bringt, dass ein Verlöschen nicht wieder zu fürchten ist.

Zuweilen giebt man zwischen das zu röstende Erz auch während des regelmässigen Betriebes schwache Brennmaterialschichten, beschränkt diese auch wohl nur auf den der Ofenaxe nahe liegenden Theil der Beschickung. Bei einer richtigen Ofenconstruction bedarf es indessen gar keines Brennmaterials mehr, sobald der Ofen in gutem Gange ist.

Die Leitung eines Gasröstofens erfordert viel Aufmerksamkeit, um stets eine gleichmässige Temperatur von angemessener Höhe zu erhalten, dafür übertreffen aber auch die Resultate eines gut beaufsichtigten Gasröstofens die eines jeden anderen Röstofens.

Beispiele für den Betrieb von Gichtgas-Röstöfen. Die Vordernberger stadelartigen Röstöfen. In den S. 478 beschriebenen Oefen auf dem v. Fridau'schen Werke zu Vordernberg werden Spath-

eisensteine mit Kohlen geschichtet aufgegeben. Die Oefen liefern in 24 Stunden je 2500 Kilogrm. (50 Centner) geröstetes Erz [1]).

Man lässt das Gas so lange einströmen, bis die oberste Schicht Erz rothglühend wird, was in 6 bis 8 Stunden geschieht, lüftet dann einige Roststäbe, lässt so lange Erz herausfallen, bis rothglühende Stücke zum Vorschein kommen, und füllt den Ofen von Neuem.

Die schwedischen Zuggasröstöfen. Die älteren schwedischen Zuggasröstöfen, wie sie in Fig. 277 und 278 Seite 480 abgebildet worden sind, liefern in 24 Stunden 12 500 Kilogrm. (250 Centner) Röstgut aus dichten Magneteisensteinen und Eisenglanz. Alle $1^1/_2$ Stunden wird an jeder Ausziehöffnung gezogen. Die Dannemora-Oefen (vergl. S. 481) von 1,88 Meter (6 Fuss) Schacht-Dtr. an den Gasdüsen geben 20000 bis 25 000 Kilogrm. (400 bis 500 Centner) geröstete (Magnet-) Eisensteine.

Die Spannung der Gase beträgt bei beiden Arten schwedischer Oefen gewöhnlich 8,7 bis 10,9 Millimeter (4 bis 5 Linien) Wassersäule. Es ist zu bemerken, dass beim Abstellen oder Schwächen des Hochofengebläses das Gasrohr durch einen Schieber abgesperrt werden muss, weil sonst der Hochofen durch den Röstofen Luft ansaugt und dadurch nicht nur der Betrieb des letzteren, sondern auch der des Hochofens gestört wird.

Die steierischen Oefen mit Rost. Diese Seite 483 und 484 in Fig. 278 bis 280 dargestellten Oefen haben in Steiermark ziemlich ausgedehnte Anwendung gefunden, z. B. zu Vordernberg, Lölling und Eisenerz [2]).

Dieselben werden in Betrieb gesetzt durch Abbrennen einer Lage leicht entzündlichen Brennmaterials, auf welches Erze bis zur halben Höhe des Ofens gesetzt sind, worauf die Gase eingeleitet werden. Dann erst geschieht die Füllung des ganzen Ofens. Ein Ofen hält circa 4480 Kilogrm. (80 Centner) Erz. Das Ziehen und Aufgichten erfolgt in Ladungen von circa 448 Kilogrm. (8 Centnern). Mit dem Ziehen der Erze kann begonnen werden, sobald die vor den Gasschlitzen oder auf dem Roste liegenden Erze vollkommen abgeröstet sind. Das Zeichen zum Aufhören des Ziehens wird durch das Erscheinen unvollkommen gerösteter Erze gegeben. Zwei Arbeiter bedienen je vier Doppelöfen, wobei sie noch die Erze auf circa 30 Meter Entfernung anzufahren haben.

Vierzehn Oefen des Friedau'schen Werkes bei Vordernberg liefern in 24 Stunden 56000 bis 67 200 Kilogrm. (1000 bis 1200 Centner) gerösteter Erze, also pro Ofen circa 3920 bis 4480 Kilogrm. (70 bis 80 Ctr.).

Die schwedischen Gebläsegasröstöfen. Westman giebt als Productionsquanta für die Gebläsegasröstöfen je nach der Zahl ihrer Zieh-öffnungen Folgendes an:

---

[1]) Kerl, Metall. Hüttenkunde. Bd. III, S. 131. — [2]) Berg- u. hüttenm. Jahrbuch. Bd. XVI, S. 375.

Oefen mit

5 Ziehöffnungen rösten in 24 Stunden	22500 bis 30000 Kilogr.	(450 bis 600 Ctr.)
6 „ „ „ „	27500 „ 36000 „	(550 „ 720 „)
8 „ „ „ „	35000 „ 48000 „	(700 „ 960 „)
10 „ „ „ „	45000 „ 60000 „	(900 „ 1200 „)

Zu Söderfors röstet man nach Mosler[1]) in einem solchen 6,59 Meter (21 Fuss) hohen Röstofen 45000 bis 60000 Kilogrm. (900 bis 1200 Centner). Der Ofen hat unter der Windzuführung 2,82 Meter (9 Fuss), an der Gichtöffnung 1,80 Meter (5$^3/_4$ Fuss) Dtr., sein Schornstein ist 8,79 Meter (28 Fuss) hoch.

Die Windpressung beträgt in der Regel nicht über 6,5 bis 8,7 Millimeter (3 bis 4 Linien) Wassersäule.

Das Anhängen[2]) des Ofens geschieht auf folgende Weise[3]): Es werden alle Gaszutrittsöffnungen und Störräume mit Holzstücken ausgesetzt, theils um damit den Ofen in Brand zu stecken, theils um dadurch die Kanten dieser Oeffnungen vor Beschädigungen zu schützen. Hierauf wird der Ofen bis zur Oberkante der Gasöffnungen gefüllt, und zwar nicht wie bei den Zuggasöfen mit geröstetem, sondern mit rohem Erz, welches nicht so leicht wie jenes zerbröckelt. Dann folgt die Füllung bis zu den Arbeitsöffnungen, und zwar durch eine Mischung von 8 bis 10 Volumtheilen Erz mit 1 Volumtheil Kleinkohle. Schliesslich füllt man den ganzen Ofen mit Erz, welches mit nur sehr geringen Mengen Brennmaterial gemischt wird. Das Holz in den Gasöffnungen und Düsen wird nun angezündet, die Zugklappen werden geöffnet und so lange mit Holz nachgefeuert, bis das Erz an der Gicht rothglühend wird. Dies findet in 24 bis 36 Stunden statt. Dann erst wird das Gas zugelassen, und zwar allmälig, um Explosionen zu verhindern. Zuerst zieht man alle drei Stunden Erz aus, dann alle zwei Stunden, schliesslich bei beginnendem Weichwerden der Erze alle 1 bis 1$^1/_4$ Stunde. Im Anfange wird nach jedem Ziehen etwas Kleinkohle in die Ziehöffnungen geworfen, um die Hitze möglichst unten zu halten, und man hört damit erst auf, wenn das Erz vor den Gasöffnungen teigig erscheint. Sollte der Hochofen zu wenig Gas liefern, so giebt man auch bei regelmässigem Betriebe des Röstofens sowohl unten als oben einige Kohlen in den letzteren.

Das Ziehen muss vorsichtig geschehen und nur aus unmittelbarer Nähe der Ziehöffnungen, damit sich auf dem ebenen Boden eine todte Pyramide mehr oder weniger gut gerösteten Erzes bilde, welche beständig stehen bleibt.

Als Kennzeichen für die richtige Temperatur, welche man bei den Gebläseöfen sehr leicht durch die Wind- und Gasmenge und durch das Register in der Esse reguliren kann und nur bei nicht ausreichender Gas-

---

[1]) Preuss. Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen. 1866. S. 140. — [2]) So nennt man oft die Inbetriebsetzung eines Röstofens. — [3]) Nach den Mittheilungen des Herrn Carstens in Christiania.

menge durch festes Brennmaterial erhöhen muss, dienen folgende Merkmale: Rothglut in der Nähe der Ziehöffnungen; Sinterung vor den Gasdüsen (*k* der Fig. 281) — man muss erkennen, dass das Erz teigig gewesen ist; teigiger Zustand des Erzes an der zweiten Reihe der Störräume (*l* in Fig. 281); fast teigiger Zustand — die Kanten müssen noch scharf sein — vor der zweiten Reihe Störräume (*m* in Fig. 281); in den höheren Theilen des Ofens gleichmässig abnehmende Temperatur.

Bei sehr schwefelhaltigen Erzen röstet man auch zweimal. Das erste Mal werden kopfgrosse Stücke in gelinder Temperatur unter beschränktem Gas- und Luftzutritt und bei seltenem Ziehen von Erz geröstet. Die Hitze wird hierbei mehr gleichmässig im ganzen Ofen vertheilt gehalten, und niemals bis zur Schmelzhitze gesteigert. Das einmal geröstete Erz wird dann in faustgrosse Stücke zerschlagen, einige Zeit dem Auswittern an der Luft ausgesetzt und dann nochmals unter Anwendung stärkerer Hitze geröstet.

Es ist in der That durch die vollkommene Röstung, welche in diesen Oefen stattfindet, möglich geworden, solche schwedische Erze brauchbar für den Hochofenbetrieb auf ein gutes Roheisen zu machen, welche früher wegen ihres hohen Schwefelgehaltes überhaupt nicht anwendbar erschienen.

γ. Röstung in liegenden Flammöfen und in geschlossenen Gefässen.

Flammöfen. Das Rösten von Eisenerzen geschieht höchst selten in liegenden Flammöfen[1]). Die Flammöfen erfordern eine bedeutende Handarbeit, da die Oxydation immer nur an der Oberfläche der Erzschicht stattfindet und diese daher durch häufiges Umarbeiten (Krahlen) erneuert werden muss; sie haben ferner einen grossen Brennmaterialaufwand nöthig in Folge der starken Wärmeausstrahlung durch das Gewölbe des Ofens und wegen der geringen Transmission der Wärme von der Oberfläche der Erzschicht zu deren unteren Theilen. Obwohl nun bei gehörigem Umwenden des Erzes in solchen Oefen die Oxydation eine lebhaftere ist, als in Schachtöfen, und daher ein sehr schwefel- oder arsenreiches Erz, welches in Schachtöfen nicht von diesen Bestandtheilen hinreichend befreit werden würde, noch darin abgeröstet werden kann; so stellt sich doch das Verhältniss in der Praxis der Regel nach derart, dass ein Erz, welches sich im Schachtofen nicht hinreichend abrösten lässt, überhaupt eine mit ökonomischem Vortheile verbundene Verhüttung nicht mehr verträgt.

Nur wenn man sehr schwefel- oder arsenhaltige Erze bereits in dem Zustande von Pulver oder kleinen Körnern fördert, lohnt sich zuweilen

[1]) Welche sich dadurch von den S. 465 u. f. beschriebenen Schachtflammöfen unterscheiden, dass die Flamme nicht durch das in einem senkrechten Schachte befindliche Röstgut, sondern über das in einem besonderen Raume von grosser horizontaler Ausdehnung und geringer Höhe befindliche Erz streicht.

eine Röstung in liegenden Flammöfen. So röstet man z. B. auf der Hütte zu Waldenstein in Kärnthen, wo man einen sehr schwefelhaltigen Eisenglanz verhüttet, denselben, soweit er als Erzklein (feines Erz) gewonnen wird, in Flammöfen bei Holzfeuerung.

Es mag dahin gestellt bleiben, ob nicht in manchen Fällen, in welchen die Verhüttung mulmiger oder kleinkörniger Eisensteine im Hochofen grosse Schwierigkeiten bereitet, eine vorhergehende schwache Sinterung solcher Erze im Flammofen ökonomisch vortheilhaft sein würde, wenn auch dadurch die Reductionsfähigkeit beeinträchtigt werden sollte.

Eisenstein-Röstflammöfen construirt man meist ähnlich wie die in Bd. I der Metallurgie S. 383 in Fig. 127 und 128 dargestellten Kupfererzröstöfen. Man bringt das zu röstende Erz, nachdem es auf dem Gewölbe des Ofens getrocknet ist, durch Oeffnungen, welche vermittelst Schiebern verschliessbar sind, auf die Sohle des Heerdes, wo es von der Flamme erhitzt wird, während durch die Feuerbrücke ein Luftstrom zur Oxydation eintritt.

Um die bei solchen Oefen nöthige bedeutende Handarbeit zu verringern, hat Moser zu Eisenerz[1]) einen Flammofen mit schräger Sohle construirt. Die Neigung der Sohle entspricht dem natürlichen Böschungswinkel des Erzes, und dasselbe gleitet von der Aufgebeöffnung unter einem flachen Gewölbe hin der Flamme entgegen. Die Flamme wird durch Verbrennen von Hochofengasen erzeugt. Der Ofen hat eine Länge von circa 5,65 Meter (18 Fuss) und eine Breite von 1,26 Meter (4 Fuss). Die Neigung der Sohle ist oben 40^0, unten 37^0, und die Dicke der Erzschicht soll hierbei circa 0,157 Meter (6 Zoll) betragen. Die Sohle ist aus Gusseisenplatten hergestellt. Die Gaszuleitung erfolgt durch Röhren, welche nahe der Ziehöffnung am Gewölbe des tiefsten Ofentheiles rechtwinkelig zur Ofenaxe liegen und eine schlitzförmige Mündung haben. Die Verbrennungsluft tritt durch die Ziehöffnung ein. Das Erz wird am höchsten Theile des Ofens aus einem mit Schieber versehenen Fülltrichter aufgegeben. Das Gewölbe folgt nicht der ganzen Länge der Ofensohle, um so am oberen Ende eine Oeffnung für das Ausströmen der verbrannten Gase und Röstdämpfe zu erhalten. Ein solcher Ofen soll in 24 Stunden circa 14 000 bis 16 000 Kilogrm. (280 bis 320 Ctr.) abrösten, welche mit einem Feuchtigkeitsgehalte bis zu 16 Proc. in denselben gelangen.

Auf eine andere Weise hat Siemens[2]) die bei liegenden Flammöfen nöthige Handarbeit zu beseitigen versucht. Er benutzt einen horizontalen Cylinder von Eisenblech, welcher auf Leitrollen laufend in Rotation versetzt werden kann. Das Erz, welches an dem einen Ende in das Innere des Cylinders gelangt, wird durch spiralförmig angeordnete Vorsprünge der das Futter bildenden feuerfesten Steine gleichsam fortgeschraubt und fällt am entgegengesetzten Ende stetig heraus, nachdem

[1]) Berg- u. hüttenm. Jahrbuch Bd. XVI, S. 384. — [2]) Specification of Charles William Siemens. A. D. 1869, 21. May. Nro. 1575.

es einem Flammenstrome, welcher den Cylinder in umgekehrter Richtung durchströmt, ausgesetzt und dadurch geröstet worden ist. Der Flammenstrom wird durch verbrennendes Kohlenoxydgas erzeugt. Die Verbrennungsluft geht in Canälen, welche in den Wandungen des Cylinders ausgespart sind, in derselben Richtung wie das Erz zu der Austrageöffnung, erwärmt sich hierbei, kühlt gleichzeitig das Futter und trifft endlich auf das Kohlenoxydgas, welches aus einer in der Axe des Apparates angeordneten Düse strömt. Durch Regulirung des Gas- und Luftzutritts kann man leicht eine oxydirende, neutrale oder reducirende Röstatmosphäre erzeugen. — So vollkommen dieser Apparat der Theorie nach erscheint, so wenig wird die Kostspieligkeit seiner Anlage und Unterhaltung ihm voraussichtlich Eingang in die Praxis behuf Röstung von Eisenerzen verschaffen.

Gefässöfen. Die Röstung in geschlossenen Gefässen ist dann erforderlich, wenn das zu röstende Material vor jeder Einwirkung des Brennmaterials oder dessen Flamme geschützt werden soll.

Dieser Zweck liegt bei der Röstung der Eisenerze kaum jemals vor. Es hat zwar Aitken eine solche Röstung für Kohleneisensteine vorgeschlagen und angeblich mit Vortheil zu Almond-Eisenhütte bei Falkirk in Schottland eingeführt[1]), gemäss der Annahme, dass dadurch dem Kohleneisensteine der in mechanischer Mengung in demselben enthaltene Kohlenstoff erhalten bleibe und für den Hochofenprocess nutzbar gemacht werden könne. Aber derselbe hat vergessen, dass durch die Verbrennung dieses Kohlenstoffs sonst die zur Röstung nöthige Wärme erzeugt wird, welche bei Ausführung seines Vorschlages von aussen zugeführt werden muss. Es könnte also in dem erwähnten Verfahren nur dann ein Vortheil liegen, wenn der dem Kohleneisenstein beigemengte Kohlenstoff ein besseres, und namentlich reineres Brennmaterial für den Hochofen wäre, als die ihn im Hochofen ersetzenden Koks oder Holzkohlen. Dies ist aber keineswegs der Fall, vielmehr ist die Kohle des Kohleneisensteins fast stets innig mit Schwefelkies gemengt, und gerade behuf einer kräftigen Oxydation des Schwefels zieht man ja sogar eine Röstung jenes Erzes in freien Haufen der Ofenröstung vor [2]).

Aitken hat geneigte Retorten mit Rostfeuerung und Condensationsvorrichtungen, wahrscheinlich zum Auffangen der übergehenden Kohlenwasserstoffe, vorgeschlagen.

Wenn man Gase zum Rösten verwenden wollte, welche, wie die Gase der Verkokungsöfen, wegen ihres Schwefelgehaltes zweckmässig nicht mit den Erzen in Berührung gebracht werden dürfen, so würde die Anwendung geschlossener Räume gerechtfertigter sein; doch finden solche Gase bei einer zweckmässigen Verkokung zur Unterstützung dieses Processes selbst hinreichende Verwendung, und werden, falls sie nach einer

---

[1]) Practical Mechanics Journ. 1869. S. 201. — [2]) Vergl. S. 421 u. f.

solchen Verwendung noch zu viel Wärme enthalten, um in die Esse gelassen zu werden, besser zur Dampferzeugung oder Winderhitzung [1]) benutzt.

Es ist auch vorgeschlagen worden, zwischen je zwei Koksöfen einen Röstofen einzuschalten, doch auch dies würde wegen der dadurch herbeigeführten Abkühlung der Koksofenwände eine unzweckmässige Einrichtung sein. Besser ist der Vorschlag von Bussius [2]), an das Ende einer Koksofenreihe je einen Erzröst- oder Trockenofen zu legen, welcher von den abziehenden Gasen in Canälen umspült wird. Indessen ist eine solche Einrichtung nur für kleine Productionen ausreichend.

Das Rösten mit Wasserdampf.

Es ist bereits Seite 413 u. f. darauf hingewiesen worden, dass der Vortheil der Anwendung von Wasserdampf beim Rösten nur ein beschränkter sein kann. Man wird nach dem dort Gesagten die Anwendung von Wasserdampf wesentlich auf solche Erze beschränken, welche stark arsenhaltig sind. Soll aber der Wasserdampf zur Entschwefelung dienen, so sind von vornherein alle Kohleneisensteine auszuschliessen. Für die Röstung der übrigen Erze ist erste Bedingung, dass der Ofen auf Flammenfeuerung eingerichtet sei, dass man also kein Brennmaterial zwischen die Erze einschichte. Der grössere oder geringere Erfolg wird in diesen Fällen von der Einführung mehr oder minder reiner, von unzersetzter atmosphärischer Luft freier Dämpfe abhängen.

Die Röstung der Eisenerze mit Wasserdampf wurde zuerst in Russisch-Finnland auf dem Eisenwerke Dals-Bruk nach dem Vorschlage von Nordenskjöld im Jahre 1843 eingeführt und verbreitete sich von dort auch nach dem Ural und nach Deutschland.

Die Röstung der in Dals-Bruk verhütteten schwefelkieshaltigen Magneteisensteine geschah anfangs in gewöhnlichen Oefen mit Flammenfeuerung (siehe S. 468), später (1845) wurde indessen der in seinem unteren Theile in Fig. 288 und 289 abgebildete Ofen benutzt [3]).

Die Feuerungsvorrichtung *de* ist mit einem Schweinerücken *c* bedeckt, über welchen hin das eiserne Dampfrohr *r* läuft. Dasselbe ist an jeder Seite mit acht kleinen Oeffnungen versehen, durch welche der Dampf in den Ofen tritt. Das Dampfrohr wird vor Beschädigungen durch die Erze und Verstopfungen durch den Erzstaub vermittelst des kleinen gusseisernen Daches *s* geschützt.

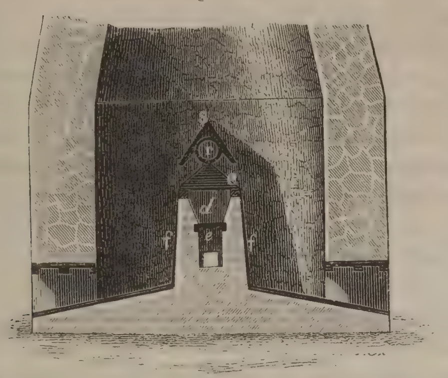
Scheerer führt bei der Beschreibung dieses Ofens an, dass für die günstigste Wirkung der Wasserdämpfe auf das in der Röstung befindliche Eisenerz ein gleichzeitiger Luftzutritt durchaus erforderlich sei und

---

[1]) Vergl. S. 126. — [2]) Berg- u. hüttenm. Zeit. 1862. S. 330. — [3]) Vergl. Scheerer's Metall. Bd. II, S. 78.

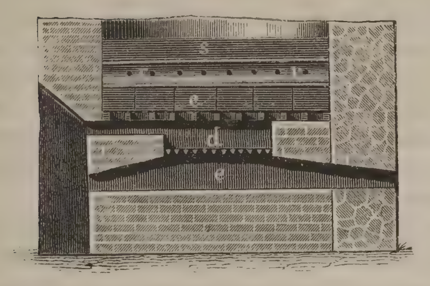
motivirt dies wie folgt: „Schwefeleisen und Wasserdämpfe zerlegen einander zu Eisenoxydul und Schwefelwasserstoff. Würde letzteres in den

Fig. 288.



Verticalschnitt.

Fig. 289.



Verticalschnitt, rechtwinkelig zu Fig. 288.
Dampfröstofen zu Dals-Bruk.

oberen Theil des Röstofens gelangen, so würde es hier jedenfalls theilweise zerlegt werden und eine neue Portion Schwefeleisen bilden. Findet dagegen ein hinreichender Luftzutritt statt, so verbrennt der gebildete Schwefelwasserstoff sogleich zu schwefliger Säure, welche bei ihrem Aufsteigen durch das Erz von keinem schädlichen Einfluss ist.“

Abgesehen von der Unhaltbarkeit der Ansicht, dass sich freies Eisenoxydul [1]) bilden könne, wenn wie im vorliegenden Falle gleichzeitig Kohlensäure gegenwärtig ist, wird auch, wie bereits Seite 414 erläutert, durch die Versuche Regnault's, Patera's, Plattner's und Anderer, die Scheerer bei Abfassung seines Werkes allerdings noch nicht kannte, gerade das umgekehrte Verhältniss insofern constatirt, als mit der Zu-

---

[1]) Es bildet sich bei allen Eisenhüttenprocessen als niedrigste Oxydationsstufe im freien Zustande immer nur ein oxydulreiches Eisenoxydoxydul. Vergl. Bd. I, S. 63.

nahme des Luftzutritts der Vortheil der Wasserdampfröstung schwindet und die Röstung sich einer gewöhnlichen Luftröstung gleichstellt [1]). Zudem ist auch die Neubildung von Schwefeleisen in höheren Regionen des Ofens deshalb nicht zu fürchten, weil im Gegensatz zu den vorhandenen Oxyden, selbst bei den schlechtesten noch anwendbaren Erzen, verhältnissmässig sehr geringe Quantitäten Schwefelwasserstoff entstehen, und daher reichlich Sauerstoff zur Oxydation sowohl des Schwefels wie des Wasserstoffs vorhanden ist, auch ohne dass atmosphärische Luft zugeleitet wird. Denn man darf nicht vergessen, dass man es hier niemals mit der Röstung von Schwefelkies, Magnetkies oder dergleichen Schwefelverbindungen, sondern immer nur mit der Röstung von Eisenoxyden, welche kleine Mengen solcher Schwefelverbindungen beigemengt enthalten, zu thun hat.

Der Dampfröstofen ist in Deutschland zur Röstung von Magneteisensteinen und Kohleneisensteinen in Vorwärtshütte bei Waldenburg versuchsweise angewendet worden. Der dortige Ofen nach Nordenskjöld's Construction hatte 7,84 Meter (25 Fuss) Höhe, 1,88 Meter (6 Fuss) Gichtdurchmesser, und erweiterte sich nach unten bis auf 2,82 Meter (9 Fuss). In den in Betrieb befindlichen Ofen wurde alle halbe Stunde einige Minuten lang überhitzter Dampf von circa $2^1/_2$ Atmosphären Spannung eingelassen. Man röstete täglich 12 500 Kilogrm. (250 Ctr.) Magneteisenstein und 3 800 Kilogrm. (76 Ctr.) Kohleneisenstein mit 1 bis 3 Proc. Schwefel mit einander gemischt ab. Es ist nicht zu zweifeln, dass durch eine einfache Aenderung der Ofenconstruction, bei welcher durch das geröstete noch heisse Erz Luft in hinreichender Menge hätte streichen können, dieselben Resultate auf ökonomischere Weise erreicht worden wären, wenn man bedenkt, dass die dem Kohleneisenstein eingemengte Kohle die Wirkung des Wasserdampfes fast auf Nichts reducirte; und es ist daher nicht auffallend, dass hier sowohl wie in Hörde der Versuch bald aufgegeben worden ist.

Für Spatheisensteine hat Ihne einen Röstofen mit durchlöchertem, kegelförmigem Boden oder Einsatz behuf Einleitens des Dampfes vorgeschlagen [2]), doch scheint derselbe nirgends in dauernde Anwendung gekommen zu sein.

Für eine vollständige Abröstung des Schwefelkieses zum Zwecke der Benutzung der Röstrückstände für die Eisenfabrikation hat Brunfaut [3]) vorgeschlagen, dem Erze 10 Proc. Koks oder magere Steinkohle beizumengen, und durch den Schachtröstofen, in welchen es aufgegeben wird, $1^1/_2$ Stunden lang abwechselnd überhitzten Wasserdampf und heisse Gebläseluft strömen zu lassen, in der Erwartung, dass durch die Kohle Kohlenoxyd gebildet werde, welches die an den einzelnen Erzstücken sich bildende Eisenoxydkruste (und die schwefelsauren Salze derselben) redu-

---

[1]) Vergl. auch Plattner's Röstprocesse S. 248 u. 249. — [2]) Schles. Wochenschrift. 1861. S. 279. — [3]) Journ. des mines. 1861. Nro. 5.

ciren und die erneute Entstehung von Schwefelmetall durch den noch im Inneren der Stücke enthaltenen Schwefel veranlassen solle. Das so entstandene Schwefelmetall könne dann von Neuem durch den Wasserdampf in Eisenoxyd und Schwefelwasserstoff umgewandelt werden. Brunfaut bedenkt indessen nicht, dass der Wasserdampf gerade durch die Bildung von Kohlenoxyd an Wirksamkeit verliert, und dass der erwartete Vortheil weit vollständiger durch eine einfache Luftoxydation bei Einmengung von Brennmaterial in das Erz erreicht werden kann.

In den meisten Fällen wird da, wo man in Oefen mit eingeschichtetem Brennmaterial, also mit wesentlich reducirender Atmosphäre röstet, und wo der Ofen keine derartige Construction hat, dass das abgeröstete, heisse Erz von einem kräftigen Luftstrome durchzogen wird, wo also ein grosser Theil des Schwefels unzersetzt zurückbleibt, das Bespritzen der heiss ausgezogenen Erze mit Wasser sich besser bewähren, als das Dampfrösten, und sich mit geringeren Kosten ausführen lassen; wo man dagegen einen hohen Schwefelgehalt in Form von löslichen schwefelsauren Salzen (Vitriolen) im Erze zurückbehält, da wird der im Folgenden beschriebene Auslaugeprocess zur Ausübung kommen müssen.

Der Röstverlust.

Unter Röstverlust (Röstkalo) versteht man die Gewichtsveränderung, welche die Eisenerze durch das Rösten erfahren.

Allgemein gültige Zahlen lassen sich für den Röstverlust einer jeden Erzsorte nicht anführen, da der Gehalt an hygroskopischem Wasser in frischen Erzen, selbst bei sonst gleicher Zusammensetzung, stetig schwankt. Auch für lufttrockene Erze ist indessen der zu erwartende Röstverlust nur nach vorgängiger Analyse zu bestimmen, da nicht nur die Zusammensetzung der Eisenverbindung, welche in dem Erze auftritt, von Einfluss ist, sondern die Gangarten und Nebenbestandtheile des Erzes ebenfalls in Betracht gezogen werden müssen. Zudem wird der Gewichtsverlust, welchen ein Erz durch Verflüchtigung von gewissen Bestandtheilen erleidet, zum grösseren oder geringeren Theile durch Aufnahme anderer wieder ausgeglichen; so oxydirt sich unter gewissen Bedingungen das Eisenoxydul zu Eisenoxydoxydul oder Eisenoxyd, aus einem Theil des Schwefelmetalls wird schwefelsaures Metalloxyd, aus kohlensaurem Kalk wird schwefelsaurer Kalk gebildet; endlich zieht das geröstete Erz auch wieder hygroskopisches Wasser durch Liegen an der Luft an. Durch den letzten Vorgang wird das Gewicht des abgerösteten Erzes durchschnittlich um 2 bis 6 Proc. vermehrt und zwar um so weniger, je fester das Erz ist, um so mehr, je mulmiger und poröser es ist. Bei Erzen, welche Kalk enthalten, tritt je nach der Menge dieses Stoffes eine viel bedeutendere Gewichtsvermehrung durch Aufnahme von Wasser in den durch das Rösten gebildeten kaustischen Kalk ein.

Aus diesem Grunde haben auch die folgenden von Mayrhofer[1]) als mittlere praktische Erfahrungsresultate angegebenen Zahlen einen geringen Werth und sind nur benutzbar für Voranschläge, ehe man die genauere Beschaffenheit eines Erzes ermittelt hat. Mayrhofer giebt nämlich folgende Röstverluste an:

1. Magneteisensteine verlieren an hygroskopischem und Krystallwasser 3 bis 5 Proc. und gewinnen wieder etwas durch Oxydation.

2. Eisenglanz, Rotheisenstein und Glaskopf verlieren 3 bis 5 Proc. Wasser.

3. Brauneisenstein verliert 10,5 bis 14,7 Proc. mit Eisenoxyd verbundenes und 3 bis 5 Proc. an andere Stoffe gebundenes Wasser.

4. Braunerze (zersetzte Spatheisensteine) verlieren 10 bis 18 Proc. Wasser und Kohlensäure.

5. Raseneisensteine verlieren 8 bis 20 Proc. Wasser.

6. Spatheisensteine verlieren in reinem Zustande gegen 40 Proc. an Kohlensäure und Wasser, bei gewöhnlicher Beschaffenheit aber nur 28 bis 35 Proc. und nehmen durch höhere Oxydation des Eisenoxyduls wieder etwas an Gewicht zu.

7. Sphärosiderite und Thoneisensteine werden um 18 bis 30 Proc. leichter.

8. Kohleneisensteine werden um 36 bis 44 Proc. leichter.

Die Wasseraufnahme nach dem Rösten beträgt:

1) bei allen harten Stuferzen 2 Proc.,

2) bei Sphärosideriten, lehmfreien Braunerzen und anderen mittelharten Erzen 4 Proc.,

3) bei mulmigen, lettigen, lehmigen Erzen 6 Proc.

Es ist daher besser, den Röstverlust nach der Zusammensetzung des Erzes im einzelnen Falle besonders zu bestimmen, und es dienen dazu namentlich die in der Tabelle auf Seite 497 zusammengestellten Verhältnisszahlen.

Auf die durch die beigemengten Schwefelmetalle bedingten Gewichtsänderungen braucht man für die Praxis keine Rücksicht zu nehmen. Sie sind fast immer zu gering, um von Bedeutung zu sein, und die Unsicherheit, in wie weit die betreffenden Metallverbindungen in Oxyde oder in Vitriole übergeführt werden, lässt kaum eine annähernd genaue Berechnung zu.

---

[1]) Oesterr. Jahrb. X, S. 312.

100 Gewichtstheile	Zusammengesetzt nach der Formel		Enthalten Gewichtstheile		Geben bei einfacher Röstung (Gewichtstheile)	Geben bei vollständiger Oxydation (Gewichtstheile)	Werden verwandelt in Gewichtstheile
	oder		und				
Kohlensaures Eisenoxydul (Spatheisenstein)	$FeO\,CO_2$	$FeCO_3$	62 Eisenoxydul	38 Kohlensäure	64,33 Eisenoxydoxydul $= \left\{ \begin{matrix} Fe_4 \\ \bar{F}e \end{matrix} \right\} O_7$	68,9 Eisenoxyd ($\bar{F}eO_3$)	—
Kohlens. Manganoxydul .	$MnO\,CO_2$	$MnCO_3$	61,74 Manganoxydul	38,26 Kohlensäure	66,38 Manganoxydoxydul $= \left\{ \begin{matrix} Mn \\ \bar{M}n \end{matrix} \right\} O_4$	—	—
Kohlensaurer Kalk (Kalkstein)	$CaO\,CO_2$	$CaCO_3$	56 Kalk	44 Kohlensäure	56 Kalk	—	74 Kalkhydrat $= H_2CaO_2$ } durch Wasseraufnahme 136 schwefels. Kalk $= CaSO_4$ } durch Schwefelsäureaufnahme
Kohlensaure Magnesia . .	$MgO\,CO_2$	$MgCO_3$	47,62 Magnesia	52,38 Kohlensäure	47,62 Magnesia	—	—
Eisenoxydoxydul (Magneteisenerz)	$FeO\,Fe_2O_3$	$\left. \begin{matrix} Fe \\ \bar{F}e \end{matrix} \right\} O_4$	72,41 Eisen	27,59 Sauerstoff	—	103,45 Eisenoxyd ($\bar{F}eO_3$)	96,55 Eisenoxydoxydul $= \left\{ \begin{matrix} Fe_4 \\ \bar{F}e \end{matrix} \right\} O_7$ } in reducirender Atmosphäre
Eisenoxyd (Rotheisenerz) .	Fe_2O_3	$\bar{F}eO_3$	70 Eisen	30 Sauerstoff	—	—	93,33 „ } in reducirender Atmosphäre
Eisenoxydhydrat (Brauneisenerz)	$2\,Fe_2O_3, 3\,HO$	$\left. \begin{matrix} H_3 \\ \bar{F}e_2 \end{matrix} \right\} O_9$	85,56 Eisenoxyd	14,44 Wasser	85,56 Eisenoxyd	—	79,85 „ } in reducirender Atmosphäre
Wasserhaltiger schwefelsaurer Kalk (Gyps) . .	$CaO, SO_3 + 2\,HO$	$CaSO_4 + 2$ aq.	32,56 Kalk	{ 46,51 Schwefelsäure 20,93 Wasser	79,07 wasserfreien schwefelsauren Kalk	—	—

Die Röstgase.

Die Röstgase bestehen aus den Dämpfen des hygroskopischen und chemisch gebundenen[1]) Wassers der Erze, ferner aus Kohlensäure und Kohlenoxyd, welche beide theils aus den Erzen[2]), theils aus den Brennmaterialien[3]) stammen, endlich aus schwefliger Säure, Schwefelsäure, auch Schwefeldampf, wenn die Erze Schwefelmetalle, und aus arseniger Säure, wenn die Erze Arsenmetalle enthalten.

Die Zusammensetzung der Gase ist stets derart, dass ein Nutzen von ihnen nicht zu erwarten ist. Es genügt selbst im günstigsten Falle weder die Menge des Kohlenoxydgases, um die Gase verbrennlich zu machen und ihnen dadurch den Charakter eines noch nutzbaren Brennmaterials zu geben, noch die Menge der schwefligen Säure, um eine Schwefelsäurebereitung darauf zu gründen, und am allerwenigsten die Menge des Arsens, um eine Condensation zur Gewinnung von Giftmehl zu gestatten. Es bietet also keinen Vortheil, die Röstgase aufzufangen.

Andererseits wirft sich die Frage auf, ob die Röstgase schädlich für Gesundheit und Vegetation wirken können, und ob daher in Fällen, wo die Röstgase auf Wohnungen und Pflanzungen treffen, Vorkehrungen gegen ihre Einwirkungen getroffen werden müssen. Obwohl diese Frage, ihre Bejahung im Voraus angenommen, dann kaum von Bedeutung ist, wenn die Röstöfen auf der Hütte selbst befindlich sind, weil dort Niemand Anspruch auf eine besonders reine Luft erheben und eine üppige Vegetation in nächster Nachbarschaft verlangen wird, weil ferner dort die meisten Anwohner nur durch das Hüttenwerk ihren Unterhalt erlangen und daher gewiss keinen Grund haben, wegen einiger Belästigungen eine Einschränkung des Hüttenbetriebes zu erwarten: so erlangt diese Frage doch in dem anderen Falle oft eine grosse Bedeutung, wenn die Röstung in der Nähe der Grube vorgenommen werden soll, wo oft Felder, Wiesen und Wälder bisher ungestört grünten, und die Anwohner sich der reinsten Luft erfreuten, wo auch die durch die Röstung hervorgerufene industrielle Thätigkeit oft keinen Ersatz, selbst für geringe Beschädigung und Unannehmlichkeit, bieten würde.

Die Gase strömen bei den meisten Röstöfen, namentlich bei allen denen, welche nicht mit erweiterter Gicht versehen sind, mit einer Temperatur von 200° bis 300° aus. Liegen Röstöfen daher an Bergabhängen, so dass die Gase bald nach ihrem Ausströmen auf Vegetation treffen, so können sie

---

[1]) Bei Brauneisensteinen. — [2]) Denn die Kohlensäure der Spath-, Thon- und Kohleneisensteine wird bei der Oxydation des Eisenoxyduls in Oxydoxydul theilweise zersetzt, vergl. S. 411. — [3]) Nur selten wird alle durch Verbrennung gebildete Kohlensäure in Kohlenoxyd übergeführt werden, wenn auch das Erz mit eingeschichtetem Brennmaterial geröstet wird.

die letztere schon allein durch ihre hohe Temperatur zerstören. Aus diesem Grunde sind also derartige Anlagen zu vermeiden, oder wenn sie durch Localverhältnisse bedingt sind, müssen die Gase durch eine auf den Ofen gesetzte Esse in höhere Luftregionen geführt werden. Am schädlichsten wirken auf benachbarte Felder, Wälder u. s. w. in dieser Beziehung natürlich die Rösthaufen und Röststadeln. Versuche von Freytag [1]) haben gezeigt, dass Dämpfe, welche aus einer circa 19 Meter (60 Fuss) hohen Esse mit etwa 400° Temperatur ausströmen und sich auf den Boden senken, hier die Temperatur um noch nicht 1° C. erhöhen [2]). Während sich daher bei einem ordentlich gebauten Röstofen der aus dem erwähnten Grunde etwa entstehende Nachtheil durch eine hinreichende Abkühlung der Röstgase vor ihrer Berührung mit der Vegetation leicht beseitigen lässt, entstehen weit häufiger erhebliche Nachtheile und Belästigungen aus der chemischen Zusammensetzung der Gase. Zwar ist weder vom Wasserdampf, noch auch von der Kohlensäure und dem Kohlenoxyde im kalten Zustande und in der Verdünnung, welche sie sofort bei ihrem Austritt aus dem Ofen durch die Luft erleiden, irgend ein Nachtheil für die Gesundheit der Anwohner oder für die Vegetation zu fürchten, wie ersteres von den Hochofengasen (Seite 389) gezeigt worden ist, wohl aber genügt schon eine nicht übermässig grosse Menge von schwefliger Säure und Schwefelsäure hierzu.

Dass diese Gase die Vegetation stark beschädigen können, ist allgemein bekannt. Sie bewirken eine Veränderung des Chlorophylls (Blattgrüns) und ein Absterben der von ihnen getroffenen Pflanzentheile, wenn Wasser (Thau, Regen etc.) zugegen ist, bei andauerndem Einflusse eine völlige Ertödtung der ganzen Pflanze.

Pappenhein's Untersuchungen in dieser Beziehung [3]) führten zu folgenden für die Constatirung der Beschädigung einer Vegetation durch jene Gase sehr wichtigen Resultaten:

1) Roggenhalme, der Einwirkung des schwefligsauren Gases ausgesetzt, gaben einige Stunden nach solcher Einwirkung, wenn sie inzwischen nicht abgespült worden waren, saure Reaction an einige Tropfen Wasser ab, mit welchen man sie wusch. Andere Blätter zeigten noch zwei Tage nach der Beschädigung die saure Reaction.

---

[1]) Vergl. Wissenschaftliches Gutachten über den Einfluss, welchen die Mansfelder Hüttenwerke etc. ausüben, von Prof. Dr. Moritz Freytag. Eisleben 1870. — [2]) Wiederholte Messungen der Temperatur der aus einem 37,7 Meter (120 Fuss) hohen Schornsteine in einer Entfernung von 94 bis 157 Meter (300 bis 500 Fuss) sich niederschlagenden Dämpfe mit einem in Zehntelgrade getheilten Thermometer haben dem Beobachter den Beweis geliefert, dass in diesem Falle die Temperaturerhöhung der unteren, mit dem Boden in Berührung stehenden Luftschicht noch keinen Zehntelgrad C. betrug, dass also die Verdünnung der Schornsteingase eine mehr als viertausendfache war (loc. cit. S. 5). — [3]) Vergl. Verhandlungen des preuss. Gewerbevereins 1865. S. 73.

2) Wenn das Chlorophyll der Blätter nach Einwirkung des schwefligsauren Gases schon gelb und das Blatt trocken geworden war, trat die saure Reaction nicht mehr ein, und es war in diesem Falle die Beschädigung kaum mit Sicherheit auf die Säure zu beziehen.

3) Gesunde Weizenblätter zeigten bei gleicher Behandlung mit Wasser, auch beim Quetschen mit dem Glasstabe, keine saure Reaction.

Wenn es nun auch nicht zweifelhaft ist, dass schweflige Säure auf die Vegetation nachtheilig einwirkt, so ist zu einer wirklichen Beschädigung doch so viel davon erforderlich, dass die selbst beim Rösten eigentlicher Schwefelerze sich entwickelnden Quantitäten dieses Gases nur in einzelnen Fällen hierfür ausreichen.

Freytag fand, dass zwar eine Luft, welche mehr als 0,004 Gewichts- oder mehr als 0,0018 Volumenprocente schweflige Säure enthält, die Chlorophyllmassen der feuchten grünen Blätter von Weizen, Hafer und Erbsen derart zerstört, dass man die Einwirkung schon nach wenigen Stunden deutlich wahrnehmen kann; dass aber die Luft bei einem Gehalte von 0,003 Gewichts- oder 0,00135 Volumenprocenten schwefliger Säure den grünen Blättern und somit auch den ganzen Pflanzen von Weizen, Hafer und Erbsen, selbst bei ununterbrochener Einwirkung unter den für die Zerstörung günstigsten Verhältnissen von Wärme und Feuchtigkeit, nicht den geringsten Schaden zufügt. Auch nach Stöckhardt ist die Luft mit 0,00125 Volumenprocenten an schwefliger Säure unwirksam auf angefeuchtete Nadelholz-Topfgewächse, welche ihr unter dem Glaskasten ausgesetzt wurden, obwohl Nadelhölzer noch empfindlicher als Blattpflanzen zu sein scheinen. Uebrigens ist die Einwirkung der schwefligen Säure nicht auf alle Blätter gleich stark, und die saftigen, jungen Blätter werden am meisten angegriffen.

Im Allgemeinen lässt sich aus den bisher angestellten Beobachtungen für Eisenerzröstöfen als unbedingt allgemein gültig folgern, dass das benachbarte Land selbst durch die aus der Luft sich niederschlagende schweflige Säure oder Schwefelsäure [1]) unter keinen Umständen in seiner Bodenbeschaffenheit nachtheilig verändert wird und dass die Corrosion der Pflanzen hauptsächlich durch die mit den Gasen ausgestreuten wasserfreien schwefelsauren Salze (die Vitriole) geschieht, wenn nach dem Auffallen derselben auf die Blätter eine schwache Befeuchtung durch Thau oder Nebel stattfindet; während dagegen Regen durch Abspülen und Verdünnung der Lösung nur vortheilhaft wirkt.

Es ist selbstverständlich, dass die schädliche Einwirkung der Röstgase um so mehr hervortritt, je schwefelreicher die Erze sind und je mehr Vitriole sie mit sich führen.

---

[1]) Die schweflige Säure oxydirt sich schon in der feuchten Luft schnell zu Schwefelsäure und etwa dem Boden noch zugeführte schweflige Säure wird in sehr kurzer Zeit in Schwefelsäure umgewandelt, welche fast in allen Bodenarten durch Zersetzung kohlensaurer Salze vor einem tieferen Eindringen gebunden wird.

Da nun eine Condensation der schwefligen Säure nach erfolgter Oxydation zu Schwefelsäure wegen der verhältnissmässig starken Verdünnung derselben durch die übrigen Bestandtheile der Gase unausführbar ist, so lässt sich gegen die nachtheilige Einwirkung dieser Gase kein anderes Hülfsmittel auffinden, als eine noch stärkere Verdünnung derselben vor ihrer Berührung mit der Vegetation. Dies geschieht am besten durch Aufsetzen von Essen oder Rauchmänteln auf die Gicht der Oefen, welche die Gase in so grosse Höhe führen, dass sie, bevor ihr Niederschlag aus der Atmosphäre auf die Pflanzen erfolgt, zu stark vermischt werden, um noch schädlich einwirken zu können. Ein solcher Rauchfang muss mit verschliessbaren Thüren versehen sein, durch welche die Beschickung des Ofens erfolgen kann. Am zweckmässigsten legt man diese Thüren der herrschenden Windrichtung zugekehrt an.

Die Höhe des Rauchfanges wird von localen Verhältnissen abhängen müssen, doch kann man sich in den meisten Fällen mit einer Höhe von 6,3 bis 9,4 Meter (20 bis 30 Fuss) über der Gicht begnügen.

Einen solchen Rauchfang, wie er im Siegener Lande gebräuchlich ist, stellt Fig. 290 (a. f. S.) dar.

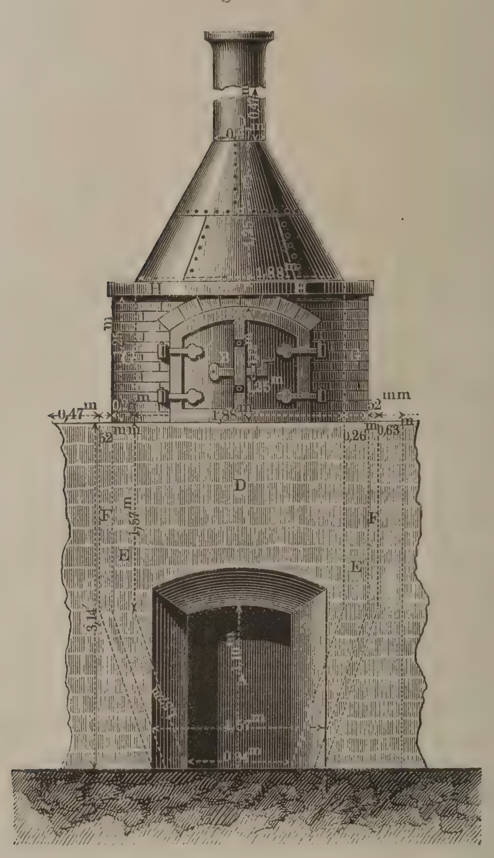
D ist das Mauerwerk, welches eine grössere Zahl von neben einander liegenden Röstöfen gemeinschaftlich umschliesst. Das Innere eines solchen Ofens, sowie dessen Kernschacht *E* und Füllung *F* ist durch punktirte Linien angedeutet. Am Boden befinden sich zwei einander gegenüber gelegene Ziehöffnungen *A*. Auf die Gicht des im Querschnitt runden Ofenschachtes ist eine ebenfalls kreisförmige Mauer *GG* von 1,25 Meter (4 Fuss) Höhe aufgesetzt, welche mit einer oder zwei Aufgebeöffnungen versehen ist. Diese sind durch eiserne Thüren in den Zwischenzeiten zwischen der Arbeit des Aufgebens hinreichend dicht verschlossen. Auf das Mauerwerk ist eine aus Blech hergestellte Kappe *HH* aufgesetzt, an welche sich der conische Theil *C* von 1,25 Metern (4 Fuss) Höhe und die 5,65 Meter (18 Fuss) hohe Esse anschliesst. Kappe und Esse sind aus Blech zusammengenietet.

Eine sehr unangenehme Belästigung kann bei schwefelhaltigen Erzen erwachsen, wenn die noch heiss gezogenen Erze mit Wasser abgelöscht werden, wobei sich reichlich Schwefelwasserstoff entbindet. Obwohl der letztere weniger der Vegetation nachtheilig ist, als schweflige Säure, so ist er doch weit lästiger für die Anwohner. In solchen Fällen thut man gut, vor den Ziehöffnungen kleine geschlossene Vorbaue zu errichten, welche das frisch gezogene und abzulöschende Erz aufnehmen, und diese mit Abzügen in der Firste zu versehen, welche, am Ofengemäuer aufwärts laufend, in die vorher beschriebene Esse münden.

Der Arsengehalt, welchen Eisenerze besitzen, ist gewöhnlich so gering, dass ein Nachtheil für Vegetation und Gesundheit nicht von ihm zu fürchten ist. Andernfalls schützt eine genügende Abkühlung der Gase durch eine hohe Esse, vereinigt mit einer weiten Ofengicht, vor Schaden, da die arsenige Säure den Vortheil gegen die schweflige Säure bietet,

dass sie condensirbar ist, und dass daher schon durch die Erniedrigung der Temperatur Etwas erreicht werden kann.

Fig. 290.



Röstofen mit Rauchfang.

Ein zuweilen grosser Nachtheil für die Vegetation entsteht, wie bereits erwähnt, durch den von den Röstgasen mitgerissenen oder den beim Ziehen der gerösteten Erze sich entwickelnden oft noch heissen Staub, welcher aus feinen Erz- und Kohlentheilchen besteht und theils wohl durch den Gehalt an schwefelsauren Salzen, besonders aber durch mechanische Verstopfung der Pflanzenporen zerstörend wirkt. Die beschriebenen Vorkehrungen, Rauchfang und Vorbaue, welche letztere in diesem Falle keine Abzüge zu besitzen brauchen, genügen meist auch zum Schutze gegen die Uebelstände, welche dieser Röststaub mit sich bringt.

Uebrigens ist auch die hieraus entstehende Gefahr kleiner, als man

gewöhnlich glaubt, denn Freytag [1]) hat durch Versuche, welche er mit der Lösung der schwefelsauren Salze von Zinkoxyd, Kupferoxyd, Eisenoxyd, Kobaltoxyd und Nickeloxyd, sowie der arsenigen Säure anstellte, gefunden, dass ein Schaden für die Vegetation nur entsteht, wenn diese Lösungen concentrirt sind; denn wenn man die Pflanzen mit Lösungen von 0,1 Proc. der Metallverbindungen während ihrer ganzen Vegetationsperiode täglich begiesst, zeigt sich noch nicht die geringste Störung in der Entwickelung.

Im Anschluss möge noch erwähnt werden, dass schwefelhaltige Erze nach dem Rösten oft schwefelsaure, in Wasser lösliche Salze enthalten, dass daher der Lagerplatz für solche Erze nach ihrer Röstung stets mit einer wasserdichten Sohle und Schutzmauer versehen sein sollte, welche den Abfluss des Regenwassers, nachdem es die Erze ausgelaugt hat, auf die benachbarten Felder und Wiesen, oder seinen Erguss in Bäche und Flüsse, deren Wasser zum Bereiten von Nahrungsmitteln benutzt werden soll, verhindert.

Nebenproducte beim Rösten der Eisenerze.

Beim Rösten der Eisenerze treten unter gewissen Bedingungen Bildungen auf, welche, obgleich ohne grosse praktische Bedeutung, doch ein wissenschaftliches Interesse bieten.

Röstet man Spatheisenstein, so verwandelt sich derselbe, wie gezeigt worden, in Eisenoxydoxydul von wechselnder Zusammensetzung, welches sich an den Stellen, wo eine zu grosse Hitze, mithin eine Schmelzung stattfand, zuweilen in scharf ausgebildeten regulären Octaëdern, ganz vom Ansehen des natürlichen Magneteisensteins, ansetzt; doch zeigen auch andere Eisenerze ein analoges Verhalten [2]). Leonhard [3]) beschreibt solche Octaëder mit treppenförmig eingesenkten Flächen von mehr als 6,5 Millimeter (3 Linien) Kantenlänge aus Schweden, ferner solche, welche zu Plons bei Sargans in der Schweiz beim Rösten von Rotheisensteinen erhalten wurden, neben denen in Drusen des halbgeschmolzenen Erzes auch nadel- und haarförmige Krystalle vorkamen. Im Siegerlande und zu Mägdesprung im Harze sind aus Spatheisenstein entstandene Magneteisensteinkrystalle gar nicht selten.

Tritt an Stelle der Röstung eine Schmelzung, so erzeugen sich nicht selten Producte, welche die grösste Aehnlichkeit mit den beim Hochofen- und anderen Eisenhüttenprocessen fallenden Schlacken haben und daher bei der Besprechung jener Erwähnung finden werden. Hier sei nur bemerkt, dass sich beim zu scharfen Rösten von quarzhaltigen Eisensteinen, namentlich von Magnet- oder Spatheisenstein, häufig kieselsaures Eisenoxydul bildet, welches die Krystallformen der Frischschlacke zeigt [4]).

---

[1]) Op. cit. p. 7. — [2]) Rammelsberg, Chem. Metall. 1865. S. 139. Siehe auch Abthl. I, S. 186. — [3]) Leonhard, Hüttenerzeugnisse 1858. S. 93. — [4]) Karsten's Archiv. Erste Reihe. Bd. IX, S. 201 u. f.

Röstet man Eisenerze, und namentlich Kohleneisenstein, in reducirender Atmosphäre zu stark, so wird nicht selten ein schwach gekohltes schmiedeisen- oder stahlartiges metallisches Eisen erzeugt.

2. Verwittern und Auslaugen der Eisenerze.

Das Verwittern beruht auf der Einwirkung der Atmosphärilien auf die rohen oder bereits gerösteten Erze und kann theils eine Aenderung der physikalischen Beschaffenheit dieser Erze bezwecken, in welchem Falle die Temperaturschwankungen der Luft die wesentlichste Rolle dabei spielen, theils aber eine chemische Umänderung derselben. Im letzteren Falle wirkt hauptsächlich der Sauerstoff der Luft im Verein mit der Feuchtigkeit derselben als oxydirendes Agens ein.

Das Auslaugen der Erze beruht auf der Lösung der durch das Verwittern oder durch das Rösten gebildeten löslichen Salze vermittelst des mit der Atmosphäre niedergeschlagenen oder vermittelst absichtlich und künstlich zugeleiteten Wassers, nur selten auf der Benutzung anderer Lösungsmittel.

Beide Processe gehen fast stets Hand in Hand und sind um so weniger zu trennen, als während des Auslaugens das Verwittern fortschreitet, und während des Verwitterns bereits das Auslaugen beginnt.

Physikalische Veränderungen beim Verwittern. Dem Verwittern zum Zwecke einer bloss physikalischen Aenderung werden namentlich Thoneisensteine ausgesetzt, welche aus Nieren bestehen, deren äussere Schalen eisenarm oder eisenfrei sind, während der Kern eisenreicher ist. Lässt man solche Eisenerze, den verschiedenen Temperaturen der Jahreszeiten und namentlich dem Wechsel zwischen Frost und Thauwetter ausgesetzt, längere Zeit liegen, so wird durch das in die Poren eindringende Wasser, namentlich wenn es gefriert, eine Schale nach der anderen abgelöst, und der eisenreiche Kern bleibt rein zurück, ohne dass eine Handscheidung erforderlich wäre. Durch diesen Vorgang erspart man z. B. in Süd-Wales alljährlich grosse Summen, welche sonst für die Scheidung vieler Erze aus der Steinkohlenformation [1]) nöthig werden würden. Die Nachtheile der Verwitterung beruhen darin, dass das in den Erzen steckende Capital längere Zeit (gewöhnlich ein Jahr lang) unverzinst bleibt, und der Raum, auf welchem die Erze lagern, nicht anderweitig benutzt werden kann. Der letztere Grund ist es namentlich, der häufig eine sonst vortheilhafte Verwitterung unausführbar macht.

Auch auf Erze, welche sich in dem Zustande ihrer Förderung nur schwer zerkleinern lassen, z. B. manche Magnet- und Rotheisensteine, äussert ein Auswintern häufig einen sehr günstigen Einfluss und vermin-

---

[1]) Abthl. I, S. 286.

dert die Kosten bedeutend, welche durch die Zerkleinerungsarbeiten erwachsen. Ja bei vorher gerösteten kalkhaltigen Erzen kann der Einfluss der Verwitterung zuweilen in mehr als erwünschtem Maasse eintreten. Da nämlich beim Rösten die kohlensaure Kalkerde in kaustischen Kalk übergegangen ist und dieser an der Luft allmälig Feuchtigkeit anzieht, gelöscht wird und ganz zerfällt, so werden die Erze dadurch mitunter in ganz kleine, beim Hochofenbetriebe sehr ungünstig wirkende Brocken umgewandelt.

Chemische Veränderungen beim Verwittern. Die chemischen Einwirkungen der Luft beim Verwittern der Eisenerze sind in vielen Beziehungen denen sehr ähnlich, welche beim Rösten in oxydirender Atmosphäre vor sich gehen, nur verlaufen sie langsamer, weniger energisch, und lassen sich entweder gleichzeitig, oder abwechselnd mit einer Auslaugung der gebildeten löslichen Salze ausführen.

Der Zweck des Verwitterns behuf chemischer Veränderung ist meistentheils eine Entfernung von Schwefel oder Arsen, nicht die Austreibung von Kohlensäure, welche nur äusserst langsam, oder die Entfernung des Hydratwassers, welche gar nicht erreicht werden kann, noch auch eine höhere Oxydation des Eisens in oxydulhaltigen Erzen, welche zwar stattfindet, aber eine viel zu lange Zeit braucht, um in dem Maasse einzutreten, dass daraus ein Nutzen für die Praxis erwachsen könnte.

Die das Eisenerz verunreinigenden Schwefelmetalle werden durch die Einwirkung der Luft allmälig in schwefelsaure Salze (Vitriole) übergeführt, welche zum grossen Theil Löslichkeit in Wasser besitzen. Diese Umwandlung findet um so schneller und vollkommener statt, je poröser die Erze sind. Deshalb unterwirft man nur selten rohe Erze der Verwitterung, sondern meist nur durch Röstung aufgelockerte Erze, in denen ein Theil unzersetzter Schwefelmetalle zurückgeblieben ist. Die wichtigsten Schwefelmetalle, welche die Eisenerze verunreinigen, sind Schwefeleisen (Schwefel- und Magnetkies), Schwefelkupfer (namentlich in Verbindung mit Schwefeleisen im Kupferkies), Schwefelzink (Zinkblende), Schwefelblei (Bleiglanz). Von diesen werden Schwefeleisen und Schwefelkupfer am leichtesten, Schwefelzink und Schwefelblei dagegen nur so schwierig durch Verwitterung in Vitriol übergeführt, dass ein praktischer Erfolg davon nicht zu erwarten ist. Von den gebildeten Vitriolen ist der des Bleies so schwer in Wasser löslich, dass er durch Auslaugen in kaum nennenswerthen Quantitäten entfernt werden würde, während die übrigen Vitriole leicht ausgelaugt werden können. Indessen bildet sich auch aus der Lösung des Eisenvitriols durch die fortdauernde Einwirkung der Luft wieder ein basisch schwefelsaures, unlösliches Salz [1]).

Arsenkies verwandelt sich durch das Verwittern in arsenige Säure und Eisenvitriol, welche erstere, wenn auch nicht leicht, in Wasser löslich ist.

---

[1]) Vergl. Abthl. I, S. 56.

Die Bildung von schwefelsaurem Kalk findet beim Verwittern, ähnlich wie beim Rösten, auf Kosten der Schwefelsäure der Vitriole statt, was aber hier den doppelten Nachtheil hat, dass unlösliche Metalloxydhydrate oder basisch schwefelsaure Metallsalze gebildet werden und gleichzeitig in dem Gypse eine schwer lösliche schwefelhaltige Verbindung entsteht, welche den Zweck des Verwitterns zum grössten Theil vereitelt, wenn man nicht sehr grosse Wassermengen zum Auslaugen anwendet.

In Bezug auf den Kupfergehalt, welcher in Folge der Fällung durch Kalk in Erzen beim Verwittern zurückgehalten werden kann, hat Lüders eingehende Versuche angestellt, und zwar mit den zu Mägdesprung im Harz verhütteten Spatheisensteinen. Er fand, dass der 0,638 Proc. betragende Kupfergehalt der gerösteten Erze durch die darin enthaltenen 2 bis 3 Proc. Kalk (und Magnesia) unter der Einwirkung des Auslaugewassers ganz gefällt wurde, dass indessen andererseits der Kalk bei Anwendung hinreichender Wassermengen wesentlich auf Entfernung des Schwefels einwirkte, indem nicht nur der beim Rösten, sondern auch der beim Auslaugen durch Zersetzung theils der Kupfersalze, theils der bei dieser Operation entstehenden unlöslichen basischen Eisensalze gebildete Gyps ausgewaschen wurde.

Der Versuch, den Schwefelgehalt durch Versetzung des Auslaugewassers mit 1 Proc. Kochsalz vollständig zu entfernen, gab nur einen unbedeutenden Erfolg, denn von den 1,238 Procenten des im Erze enthaltenen Schwefels wurden extrahirt

durch reines Wasser . . . . . . 1,071 Proc.
durch Wasser und Kochsalz . . . 1,079 „

Lüders schliesst, dass bei mittlerem Schwefelgehalte des Spatheisensteins (0,3 bis 0,5 Proc.) stets Kalk genug vorhanden sei, um beim Rösten allen Schwefel zu binden und beim Auslaugen auch den Kupfervitriol zu zersetzen, da zur Gypsbildung auf 4 Thle. Schwefel circa 7 Thle. Kalk erforderlich seien. Steige jedoch der Gehalt an Kiesen bis zu einem Schwefelgehalt von etwa 1,2 Proc., so reichten die 2 bis 3 Proc. Kalk des Erzes nur dazu aus, den beim Rösten frei werdenden Schwefel zu binden, während das schwefelsaure Kupferoxyd beim Auslaugen löslich fortgehe.

Das Auslaugen der Eisenerze mit Wasser. Während zur Lösung der Vitriole in regenreichen Gegenden die atmosphärischen Niederschläge meist genügen, muss man in trockenen Gegenden und dann, wenn schwefelsaurer Kalk gleichzeitig auszulaugen ist, künstlichen Wasserzufluss anwenden. Es genügt gewöhnlich ein Hinleiten des Wassers über die auf ebener Erde aufgestürzten Erzhaufen (Berieselung), nur selten setzt man die Erze ganz unter Wasser, und muss dann den Erzplatz durch gemauerte oder aus Lehm gestampfte Dämme einfassen. Man theilt in letzterem Falle den Erzplatz gewöhnlich in mehrere Abtheilungen und bildet auf diese Weise Sümpfe, in welchen abwechselnd Auslaugung und Verwitterung durch die Luft stattfindet.

In Ilsenburg am Harze schüttet man die Erze, die schwefelkieshaltigen Magnet- und Rotheisenerze, nachdem sie geröstet sind, in 0,63 bis 0,94 Meter (2 bis 3 Fuss) hohe Haufen auf und leitet stets frisches Wasser darüber, während am tiefsten Punkte des Röstplatzes der Lauge ein Abzug gewährt wird[1]). Die Verwitterung dauert zwei bis drei Jahre; die Auslaugung wird hauptsächlich nur in den Sommermonaten vollführt, und die Beendigung des Processes durch genommene Proben bestimmt.

Zu Trzinitz in Oesterreichisch-Schlesien hat man auf dem gepflasterten Erzplatze durch 0,95 bis 1,26 Meter (3 bis 4 Fuss) hohe Dämme Sümpfe gebildet. Die Erze werden 1,26 bis 1,58 Meter (4 bis 5 Fuss) hoch aufgestürzt. Abends lässt man durch einen Graben Wasser hinzu, so dass dasselbe 0,32 bis 0,63 Meter (1 bis 2 Fuss) hoch im Sumpfe steht. Es zieht sich dann von selbst bis zur Spitze des Haufens, was gegen eine Berieselung den Vortheil bieten soll, dass der Haufen nicht verschlämmt wird. Morgens wird das Wasser wieder abgelassen und der Luft freier Zutritt gestattet. Die Operation dauert gewöhnlich zwei bis drei Jahre. Der Erzplatz hat drei Abtheilungen; in der einen wird das Erz aufgeschüttet, in der zweiten ausgelaugt, in der dritten ausgefahren[2]).

Das Auslaugen der Eisenerze mit anderen Lösungsmitteln. Es ist schon Seite 501 darauf hingewiesen, dass man die Auslaugung der in den Erzen enthaltenen Schwefelsalze durch einen Zusatz von Kochsalz zum Wasser zu befördern versucht hat, aber ohne einen dem Kostenaufwande entsprechenden Erfolg zu erzielen.

Nicht günstigere Resultate in ökonomischer Beziehung haben die Versuche geliefert, die Eisenerze durch Auslaugen mit anderen Lösungsmitteln, namentlich vermittelst Säuren, von einem Phosphorgehalte zu befreien.

Strohmeyer hat für Brauneisenerze, welche zu Ilseder Hütte bei Peine in der Provinz Hannover verschmolzen werden, und welche 25 Proc. kohlensauren Kalk, 27,5 Proc. Eisen und 1,17 Proc. Phosphor enthalten, vorgeschlagen, durch hinreichend verdünnte Salzsäure die Phosphate von Eisenoxyd und Kalk auszuziehen, welche sich durch Poch- und Schlämmarbeit nicht trennen liessen. Das Erz wurde bei den dahin zielenden Versuchen schwach gebrannt, der dabei entstehende Aetzkalk mit Wasser gelöscht und abgeschlämmt, und darauf das zurückbleibende, in haselnussgrosse Stücke zerfallene Erz mit 15,63 Proc. (mit 4 Thln. Wasser verdünnter) Salzsäure 24 Stunden lang behandelt. Theils der Vortheil, welcher durch die Erzeugung eines phosphorfreien oder wenigstens phosphorärmeren Erzes erzielt werden konnte — der Phosphorgehalt auf 100 Eisen war von 4,3 auf 0,6 Proc. hinabgegangen — theils die Verwer-

---

[1]) Mittheilungen von Schott und Ledebur, siehe Anmerkung Seite 432. — [2]) Kerl, Hüttenkunde III, S. 133.

thung der Lauge, welche nach ihrer Eindampfung und der Wiedergewinnung von circa 14 Proc. Salzsäure ein werthvolles (3,64 Proc. Phosphor enthaltendes) Düngmittel abgegeben hätte, versprach ökonomisch günstige Resultate, welche indessen durch die Praxis nicht bestätigt worden sind [1]).

Rowan in Glasgow hat versucht, die Eisenerze mit Chlornatrium oder Chlormagnesium vermischt zu rösten und dann mit Wasser auszulaugen; er glaubte auf diese Weise nicht nur den Phosphor-, sondern auch den Schwefelgehalt gänzlich zu entfernen. Es ist vorauszusetzen, dass die Resultate nicht günstiger als die oben angeführten ausgefallen sein werden, um so mehr, als beim Rösten die zugesetzten Chlorsalze grösstentheils bereits verflüchtigt, oder die dabei gebildeten Metallchloride wieder zersetzt worden sein müssen [2]).

Die Entfernung des Phosphors aus den Eisenerzen ist von solcher Wichtigkeit, dass es wohl der Mühe lohnt, Nichts unversucht zu lassen, um zu Resultaten zu gelangen, welche auch ökonomisch günstig sind.

Die Phosphorsäure ist in den Erzen der Regel nach entweder an Kalk oder an Eisenoxyd gebunden.

Was nun den phosphorsauren Kalk in der Modification anbetrifft, in welcher er in den Eisenerzen vorkommt, so ist er fast ganz unlöslich in Wasser; etwas löslich in Wasser, welches Kochsalz, Chlormagnesium, Natronsalpeter oder Ammoniaksalze enthält; leicht löslich in Säuren, selbst wenn diese so verdünnt sind, dass sie das Eisenoxyd, welches übrigens in einem gerösteten Erze schwieriger als in einem rohen löslich ist, noch nicht angreifen. Man kann daher zur Lösung die billigste Säure verwenden, die man haben kann, sei es Salzsäure, Schwefelsäure, schweflige Säure, Salpetersäure, ja selbst Essigsäure und Kohlensäure, so dass z. B. ein kohlensäurehaltiges Wasser auch den Zweck erfüllen würde. Indessen ist die Löslichkeit des phosphorsauren Kalks in letzterem doch keine hinreichend grosse, um praktische Brauchbarkeit zu versprechen. Da nun aber alle diese Säuren gleichzeitig die kohlensauren und kaustischen Erden und Alkalien, namentlich also auch die Kalkerde angreifen, so würde man bei kalkhaltigen Erzen solche Quantitäten Säure brauchen, dass an einen ökonomischen Vortheil von vornherein nicht zu denken ist, um so mehr, als das gebildete Kalkhydrat eine erneute Fällung der Phosphorsäure hervorruft. Der Vorschlag Strohmeyer's, vor der Behandlung der Erze mit Säuren den Kalk abzuschlämmen, ist daher wohl gerechtfertigt, aber in der Praxis viel zu schwierig ausführbar, weil hierbei ein gleichzeitiges Fortreissen der feineren Erztheile fast unvermeidlich ist. Die Möglichkeit, dass ein Auslaugen durch Säuren ökonomisch vortheilhaft sei, liegt bei Erzen, welche keinen kohlensauren Kalk enthalten, zwar weit näher, aber auch bei diesen wird fast immer der Aufwand an Säure in Folge der mechanischen Aufsaugung derselben ein zu grosser sein, und ein

---

[1]) Mittheilungen des Hannoverschen Gewerbevereins. 1865. S. 11 und Illustr. Gewerbezeitung 1869. S. 42. — [2]) Vergl. Polytechn. Centralblatt 1869. S. 1033.

vollständiges nachheriges Auswaschen des Erzes behuf Wiedergewinnung der überschüssigen Säure würde bald eine für die fernere Nutzbarkeit zu grosse Verdünnung hervorrufen. Die Auslaugung durch Wasser, in welchem Kochsalz, Chlormagnesium, Ammoniaksalze und dergleichen enthalten ist, verdient Berücksichtigung in den Fällen, wo die Salze als Abfälle in unmittelbarer Nähe gewonnen werden; doch werden solche Fälle immer zu den seltenen Ausnahmen gehören. Das Abdampfen der Lauge behuf Gewinnung eines Düngematerials wird in den meisten Fällen nur dann einen Vortheil gewähren, wenn die Gewinnung dieses Productes schon an sich finanziell vortheilhaft ist. Ist das Erz so phosphorreich, dass dieser Fall wirklich eintritt, wie z. B. bei manchen Kohleneisensteinen Westphalens, so sind wiederum die Rückstände gewöhnlich zu werthlos für die Verhüttung.

Die Eisenphosphate in den Erzen bestehen theils in phosphorsaurem Eisenoxyduloxyd (Vivianit [1]), theils in phosphorsaurem Eisenoxyd (welches mit dem phosphorsauren Kalk eine Verbindung bildet, oder als basisches Salz einen besonderen Bestandtheil, namentlich der Raseneisenerze ausmacht).

Zwar sind auch diese Salze in stärkeren Säuren, namentlich in Salzsäure löslich, aber bei weitem nicht in dem Maasse, wie der phosphorsaure Kalk, und schwächere Säuren, z. B. Essigsäure und kohlensäurehaltiges Wasser, wirken gar nicht darauf ein. Ammoniak löst auch diese Eisenphosphate ebenso wie wässeriges Eisenchlorid [2]). Es ist daher für eine mit ökonomischem Vortheile ausführbare Auslaugung solcher Erze noch weniger Aussicht, als bei den Erzen, welche nur phosphorsauren Kalk enthalten. Sind mit dem Hüttenwerke Schwefelsäurefabriken verbunden (wie dies in England zum Theil zutrifft), so giebt die schweflige Säure, welche in mit Erz und Wasser gefüllte Bassins eingeleitet wird, das billigste Lösungsmittel [3]).

Nicht unbemerkt darf gelassen werden, dass schwefelkiesreiche Erze dadurch gleichzeitig an Phosphorgehalt verlieren können, dass durch die beim Verwittern gebildete freie Schwefelsäure [4]) ein wenn auch geringer Theil der Phosphate gelöst und ausgewaschen wird.

3. Mechanische Aufbereitung der Eisenerze.

Die mechanische Aufbereitung der Eisenerze besteht theils in einem Waschen derselben, theils in einem Zerkleinern grosser Stücke, theils in einer Vereinigung kleiner Stücke zu grösseren Klumpen, alles Vor-

---

[1]) Vivianit, ursprünglich phosphorsaures Eisenoxydul, geht an der Luft in phosphorsaures Eisenoxyduloxyd über. — [2]) Vergl. Buff, Lehrbuch der anorganischen Chemie S. 251. — [3]) Jacobi zu Kladno in Böhmen behandelt die, im Falle eines Kohlensäure- oder Schwefelgehaltes zuvor gerösteten Erze mit schwefliger Säure, welche er aus Schwefelkies erzeugt, und reinigt sie nachher mit Wasser. (Deutsche Industr. Zeit. 1870. S. 168.). — [4]) Das Zersetzungsproduct des Eisenvitriols an der Luft.

bereitungsarbeiten, welche theils in einander, theils in die Röstarbeiten und Auslaugearbeiten eingreifen, ohne dass immer eine bestimmte Reihenfolge derselben festgehalten wird.

Zwar kommen noch einzelne andere Aufbereitungsarten ausnahmsweise vor, doch erscheinen bei diesen die gereinigten Eisenerze als Nebenproducte, und die Arbeit wird wesentlich der anderen dabei gewonnenen Producte wegen vorgenommen.

Sind nämlich Eisenerze guter Beschaffenheit mit Kupfer-, Blei- und Silbererzen innig gemengt, so wendet man die für jene Erze gebräuchlichen Aufbereitungsarbeiten durch Setzsiebe, Schlämmgräben u. s. w. an und gewinnt dabei dann als Abhub ein zuweilen noch für den Hochofenbetrieb verwerthbares Eisenerz, während dasselbe gewöhnlich immer noch zu sehr von jenen fremden Erzen verunreinigt ist, um ein brauchbares Material für die Eisenerzeugung abzugeben. Als eine ganz besondere Methode ist die Aufbereitung der mit Kupfer- und Schwefelkies zusammen vorkommenden Magneteisenerze von Traversella zu erwähnen, wo das Eisenerz von jenen nicht magnetischen Mineralien durch Magnete getrennt wird [1]). Diese und ähnliche Arbeiten haben, wenn sie nicht wegen der Gewinnung der anderen Bestandtheile an sich ökonomisch vortheilhaft sind, keine Aussicht auf allgemeinere Anwendung, weil erstens das Material für ein so billiges Product, wie das Roheisen, keine kostspieligen Vorarbeiten verträgt, und zweitens das gewonnene Eisenerz sich in einem so fein vertheilten Zustande befindet, dass es sehr ungünstig auf den Hochofengang einwirkt. Es sind daher auch Vorgänge, wie die zu Schreckendorfer Hütte in Schlesien und am Taberge in Schweden, wo man Magneteisenstein, und zu Hassel in Norwegen, wo man Eisenglanz, nachdem das Erz klein gepocht war, durch Schlämmarbeit von den anhaftenden Gesteinsarten trennte, bald sämmtlich wieder aufgegeben und immer nur Ausnahmen geblieben.

Ebenso ist die Benutzung des Franklinits [2]) zur Zinkgewinnung vor der Verschmelzung auf Roheisen eine nur gerade für dieses Mineral passende Arbeit, da alle übrigen Versuche mit der Verhüttung anderer zinkhaltiger Eisenerze (z. B. der Brauneisensteine Schlesiens, welche oft sehr reich an Galmei sind [3]) behuf gleichzeitiger Gewinnung beider Metalle bisher fehlgeschlagen sind.

A. Waschen der Erze.

Es kommen häufig Eisenerze in Form von kleineren Körnern, Bohnen, Kugeln, Knollen oder Stücken vor, welche von sehr wenig eisenhaltigen, meist lehmigen, seltener kalkigen oder sandigen Massen eingehüllt sind. Solche Massen lassen sich mit Wasser zu einem Brei aufrühren,

---

[1]) Zeitschrift f. d. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen in Preussen Bd. IX, S. 171. — [2]) Siehe Abthl. I, S. 271. — [3]) Siehe Abthl. I, S. 325.

der dann ohne Schwierigkeit von den specifisch schwereren und deshalb zurückbleibenden Erzstücken durch Schlämmen getrennt werden kann. Diese Arbeit nennt man das Waschen der Eisenerze. Der durch das Wasser fortgeführte Schlamm ist zuweilen ganz oder theilweise so eisenhaltig, dass man ihn mit Vortheil für sich in Stückform zurückführen und gleichfalls als Erz benutzen kann. Doch gehört dieser Fall zu den Ausnahmen.

Das Aufrühren der die Eisensteine einhüllenden Massen ist stets die erste Operation, welcher dann, zum Theil unmittelbar in denselben Apparaten, zum Theil auch in besonderen Apparaten, das Abschlämmen der aufgerührten feinen Massen von den Stücken, also die eigentliche Separation folgt.

Beide Arbeiten geschehen meist auf der Grube selbst, um an Transportkosten zu sparen, seltener erst auf der Hütte. Der Ort der Arbeit ist hauptsächlich von dem Vorhandensein hinreichender Wassermengen abhängig. Das zu waschende Erz wird entweder einem Wasserstrome ausgesetzt, oder selbst in ruhendem Wasser bewegt.

Das einfachste Waschverfahren besteht in der Behandlung der Erze in Gräben. Der Eisenstein wird in ein aus Holz hergestelltes Gerinne geworfen und einem durch dasselbe fliessenden Wasserstrome vermittelst Harken oder Krücken (Kisten) wiederholt entgegengeführt. Man giebt den Gerinnen circa 0,63 Meter (2 Fuss) Breite, 0,314 Meter (1 Fuss) Tiefe und 2,51 bis 3,76 Meter (8 bis 12 Fuss) Länge und eine Neigung von höchstens 5,6 Millimeter auf 0,314 Meter (2 Zoll auf 1 Fuss), d. h. von ungefähr 10 Graden [1]). Den Schlamm lässt man in die wilde Fluth fliessen, die zurückbleibenden Erze schippt man mit siebartigen Blechschaufeln aus. Man kann bei einem Verbrauch von 0,247 bis 0,494 Cubikmeter (8 bis 16 Cubikfuss) Wasser stündlich bis zu 10 000 Kilogrm. (200 Ctr.) Erze auf diese Weise verwaschen.

Bohnerze mit kalkigem oder mergeligem Bindemittel, wie sie namentlich häufig auf den Hochebenen der Juraformation in Würtemberg, Baden, Lothringen u. s. w. vorkommen [2]), verwäscht man häufig in Trögen, welche mit Siebboden versehen sind. Man taucht diese Tröge in Fässer, die mit Wasser gefüllt sind, und versetzt sie in eine gleichzeitig drehende und auf- und abgehende Bewegung [3]). Die Erzkörner bleiben auf dem Siebe zurück, der Schlamm geht in das Fass, aus dem er durch ein Spundloch mit dem überschüssigen Wasser abgezapft wird. Diese Bewegung des Siebes wird meist durch die Hand, seltener durch einfache mechanische Vorrichtungen vermittelt. Um die Arbeit zu erleichtern, hängt man den Siebtrog vermittelst zweier Seile oder Ketten an einer elastischen Stange auf und nennt die Vorrichtung dann Schwenksieb. Der Vortheil dieser Waschmethode beruht auf dem geringen Ver-

---

[1]) Vergl. Rittinger, Lehrbuch der Aufbereitungskunde, S. 232. — [2]) Vergl. Abthl. I, S. 356 u. 390. — [3]) Vergl. Kerl, Hüttenk. III, S. 94.

brauch an Wasser, der Nachtheil in der unbedeutenden Production, welche dadurch nur erzielt werden kann.

Zuweilen wendet man festliegende, eiserne oder hölzerne Cylinder oder Tröge von der Form eines halben Cylinders an, in welchen eine horizontale mit spiralförmig angeordneten Flügeln, Messern oder Schlägern versehene Welle rotirt. Das Erz wird auf diese Weise mit dem Wasser vermischt und gleichzeitig vorwärts bewegt, während der in entgegengesetzter Richtung fliessende Wasserstrom den Schlamm beständig fortführt [1]).

Die vollkommenste und am häufigsten für Eisenerze angewendete Waschvorrichtung ist die rotirende Waschtrommel. Es folgt daher eine genauere Beschreibung eines solchen Apparates, dessen Abbildung wir den Fabrikanten derselben, der Maschinenfabrik für den Bergbau von Sievers u. Co. in Kalk bei Deutz [2]) verdanken.

Die Figuren 291, 292 und 293 auf Tafel A. zeigen diese feststehende Waschtrommelvorrichtung in Seitenansicht, Grundriss und Vorderansicht, Fig. 294 einen Längsschnitt, Fig. 295 einen Querdurchschnitt, Fig. 296 bis 299 auf Tafel B. die innere Mantelfläche der beiden Trommeln.

Die hier abgebildete Maschine braucht zur Verwaschung von circa 30 Cubikmetern (1000 Cubikfuss) Erz pro Tag einen Motor von 15 Pferdekraft und erfordert 0,927 Cubikmeter (30 Cubikfuss) Wasser pro Minute, in welcher Zeit die Trommeln acht Umdrehungen zu machen haben.

Die Figuren 291 bis 293 zeigen zunächst das allgemeine Arrangement. *A* ist der Dampfkessel für die Betriebsmaschine *B*, von welcher die Riemscheibenwelle *C*, sowie die nöthigen Pumpen, z. B. *G*, in Bewegung gesetzt werden. Diese Welle *C* überträgt die Bewegung auf die einzelnen Theile der Wäsche.

Das Erz gelangt auf den Schienengleisen D, D', D'' von den Förderpunkten oder Stürzplätzen aus zu dem gemeinschaftlichen über der Terrainsohle gelegenen Gleise *E*. Von dort wird es direct aus den Förderwagen in das oben offene Gerinne *F* geworfen, wo es durch die darin laufende Schraube mit dem gleichzeitig zutretenden Wasser vermischt und gegen die Trommel *H* vorgeschoben wird. Es geht durch den siebartig gelochten Boden des Gerinnes *F*, der am lockersten am Erze hängende Schlamm bereits in das Gefluder *J*. Das übrige Erz dagegen durchläuft die Trommel *H* (die Rauhwaschtrommel, Vorwaschtrommel) und gelangt sammt dem hier abgewaschenen Schlamme in den durchlochten Ansatz *K*, von wo der Schlamm durch die Oeffnungen in das Gefluder *L* abläuft, um sich mit dem von *J* kommenden Schlamme zu vereinigen, während das halb gereinigte Erz die zweite Trommel (die Tratschtrommel, Fertigwaschtrommel) *M* passirt. Hier tritt ihr in umgekehrter Richtung ein klarer Wasserstrom entgegen, wäscht den letzten

---

[1]) Annal. des mines. 1864. 4 livr. — [2]) Speciell dem Herrn Director Neuerburg daselbst.

Waschtrommelvorrichtung aus der Fabrik von Sievers & Comp. in Kalk bei Deutz.

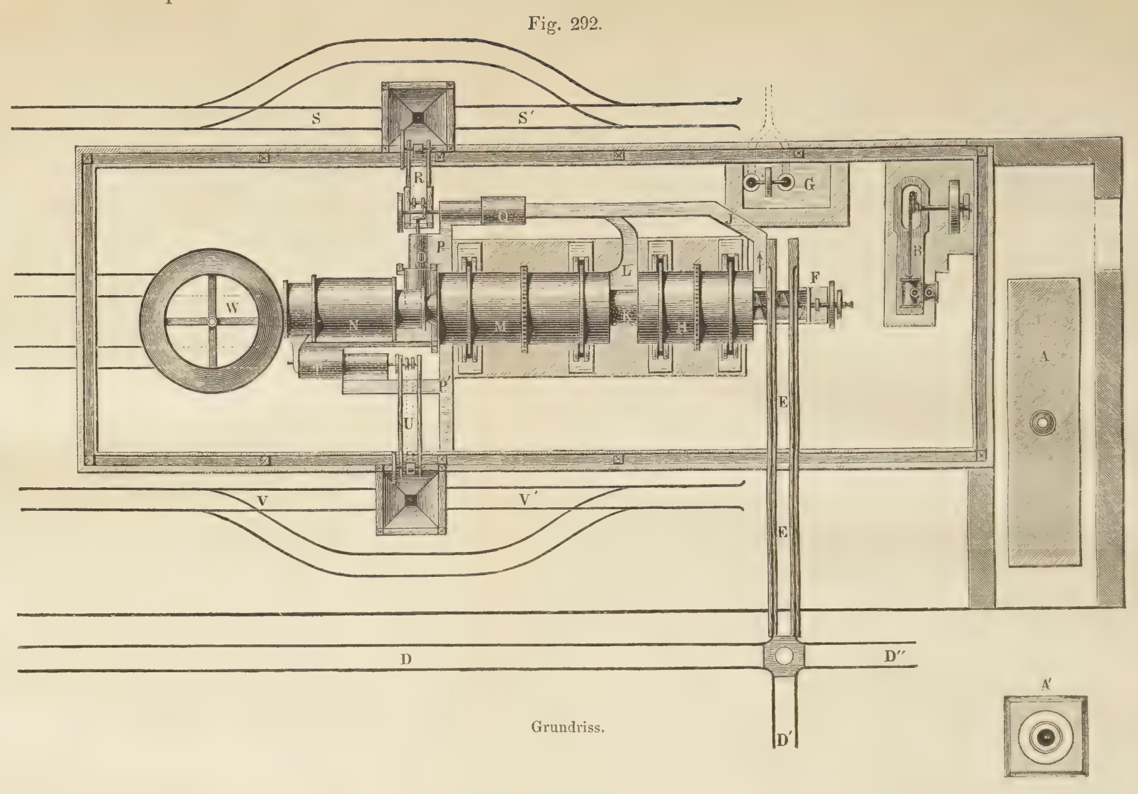
Fig. 291.

Seitenansicht.

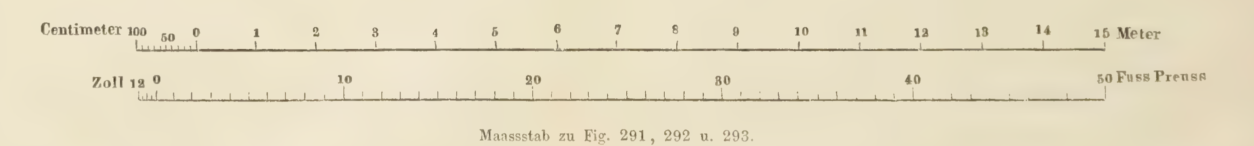
Fig. 293.

Vorderansicht (ohne Dampfkessel und Betriebsmaschine).

Fig. 292.



Grundriss.



Maassstab zu Fig. 291, 292 u. 293.

(Tafel A. Zu Seite 512.)

utz.

C

W

W'

N

T

R

P

O

N

U

P'

D

E

V

V_1

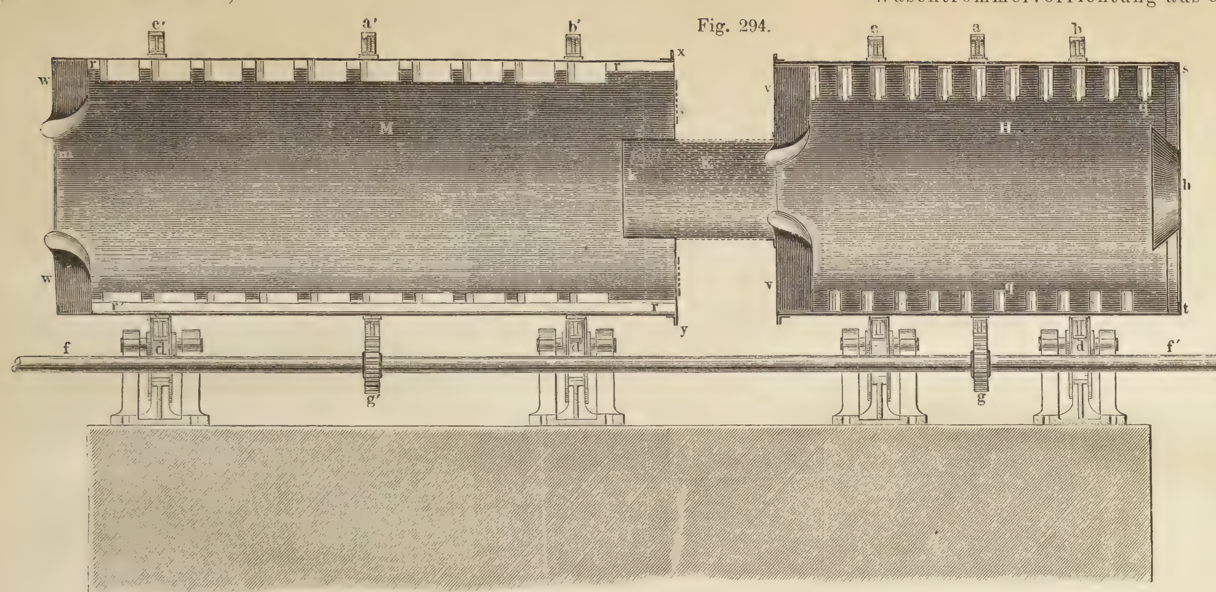
4 5 6

20

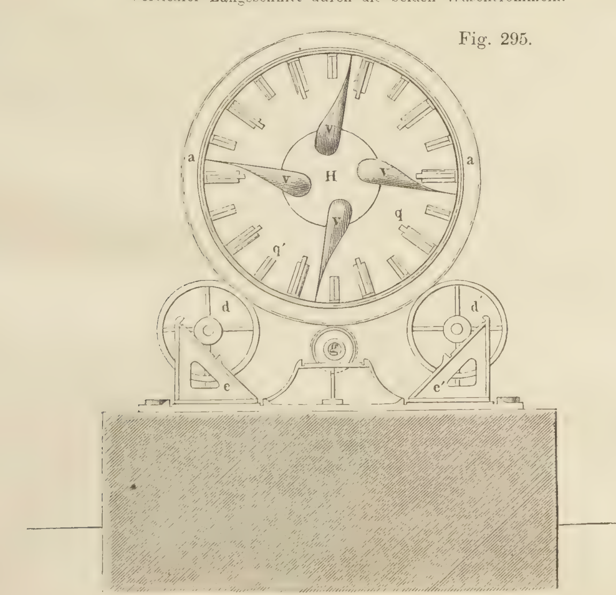
Maassstab zu

Vorderansich

Waschtrommelvorrichtung aus der Fabrik von Sievers & Comp. in Kalk bei Deutz.



Verticaler Längsschnitt durch die beiden Waschtrommeln.



Verticaler Querschnitt durch die Rauhwaschtrommel *H*.

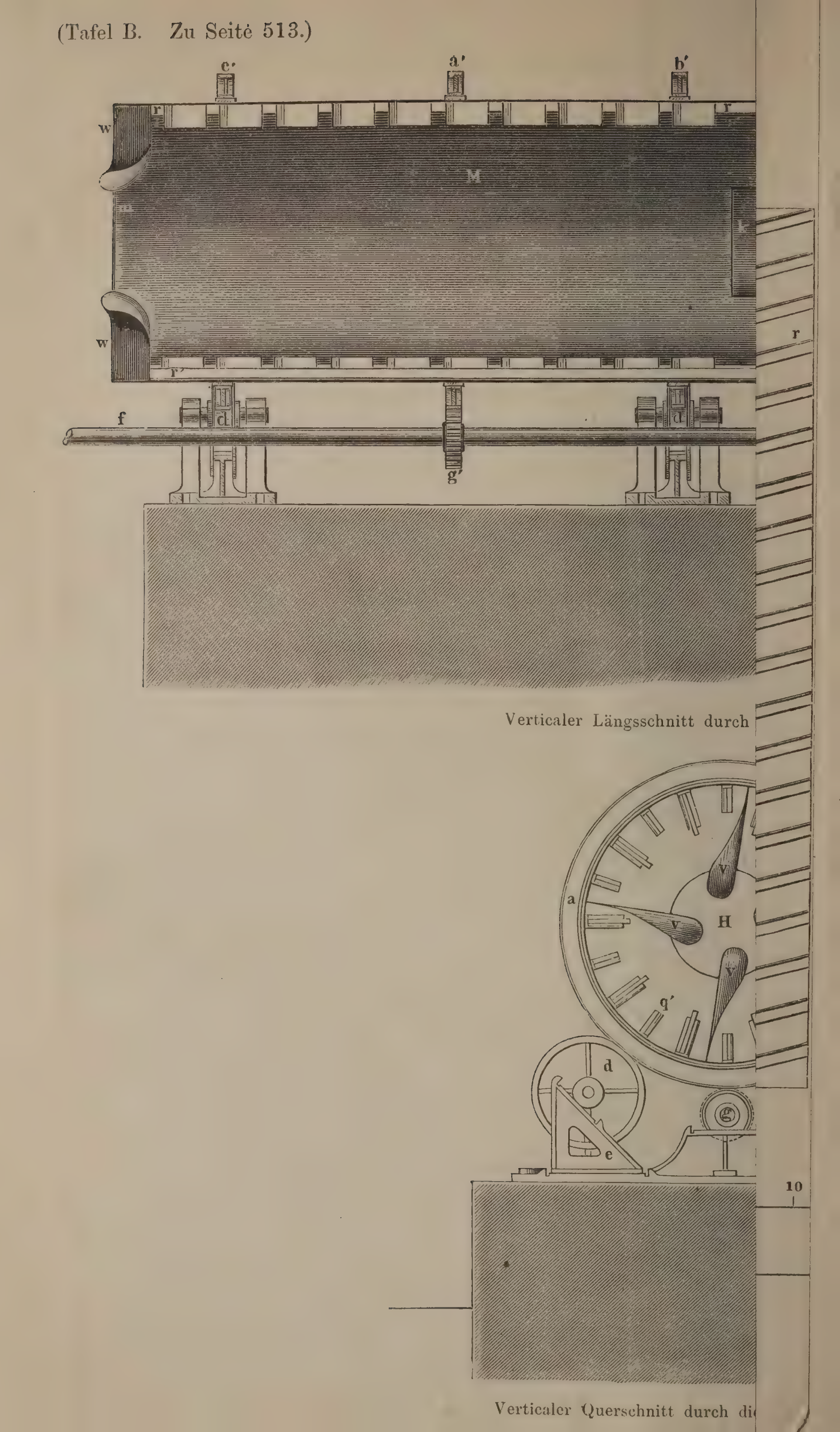
Fig. 296. Fig. 297. Fig. 298. Fig. 299.

Fig. 296 Querschnitt der Schaufeln in der Fertigwaschtrommel *m*.
Fig. 297 Ansicht derselben.

Fig. 298 Ansicht der Schaufeln in der Rauhwaschtrommel *H*.
Fig. 299 Querschnitt derselben.

Zoll 12 6 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 Fuss Preuss.

Centimeter 100 50 0 1 2 3 4 5 Meter



Verticaler Längsschnitt durch

Verticaler Querschnitt durch di

Schlamm ab und führt ihn gleichfalls in das Gefluder *L*, während das Erz gereinigt am anderen Ende von *M* austritt. Mit diesem Resultate kann man sich in den meisten Fällen begnügen. Zuweilen und namentlich wenn das Erz ein Verkaufsgegenstand sein soll, oder wenn es durch eingesprengte fremde Mineralien sehr verunreinigt ist, erscheint es aber wünschenswerth, noch eine Separation des gereinigten Erzes nach der Korngrösse vorzunehmen, mit welcher dann gleichzeitig eine weitere Wäsche verbunden werden kann. In diesem Falle gelangt dasselbe in die Trommel *N*. Hier werden drei Sorten gebildet. Die feinste Sorte Erz gelangt weiter in die Trommel *O*, wo die noch brauchbaren Stückchen von dem für den Hüttenbetrieb allzu feinen Korne geschieden werden. Dies letztere geht in das Gefluder *P*, wo es sich mit dem aus den Gefludern *L* und *J* kommenden Schlamme vereinigt, nachdem dieser vorher in der Trommel *Q* von etwa mitgerissenen gröberen Stücken gereinigt ist. Die noch nutzbaren Stücke aus *O* und *Q* werden vereint durch das Paternosterwerk $R R'$ gehoben und in Wagen gestürzt, welche auf den Gleisen $S S'$ laufen. Das in der Trommel *N* abgesonderte, mittlere Korn gelangt in die Trommel *T* und geht, getrennt von dem etwa noch anhaftenden Schlamme, welcher in das Gefluder P' gewaschen wird, weiter zum Paternosterwerke $U U'$. Die Wagen, welche es aufnehmen, laufen auf den Gleisen $V V'$. Das gröbste Korn endlich gelangt aus der Separationstrommel *N* auf den Klaubetisch *W*, welcher um die verticale Axe W' rotirt. Dort können die todten Berge oder die durch fremde Mineralien zu sehr verunreinigten Stücke ausgelesen werden. Durch den Fortfall dieser complicirten und, wie bereits erwähnt, in den meisten Fällen überflüssigen Separationsvorrichtung wird die Wäsche natürlich sehr vereinfacht.

Zum besseren Verständniss der Einrichtung der für die Wäsche wichtigsten Theile ist die Rauhwaschtrommel *H* und die Tratschtrommel *M* in den Figuren 294 bis 299 auf Tafel B. in vergrössertem Maassstabe dargestellt.

Beide Trommeln bestehen aus Eisenblech. Jede derselben ist mit drei Kränzen versehen, deren mittlere *a* und a' eine Verzahnung besitzen, während die beiden anderen, *b* und b', *c* und c', glatt sind. Die glatten Kränze werden von je zwei Rollen $d d'$ (Fig. 295) getragen, welche mit hohen, jene umfassenden Rändern versehen sind und in stellbaren Lagern, welche in der Zeichnung fortgelassen sind, auf den Böcken $e e'$ ruhen. Die Trommeln drehen bei ihrer Rotation die Rollen $d d'$, an denen sie daher nur eine rollende Reibung erleiden, während sie selbst keiner festen Axen bedürfen. Die rotirende Welle $f f'$ ist mit Getrieben $g g'$ versehen, welche in die verzahnten Kränze *a* und a' der Trommeln eingreifen und die Umdrehung der letzteren verursachen. Die Vorwaschtrommel *H* ist an der Eintrittsöffnung *h*, welche in dem im Uebrigen ganz geschlossenen Blechboden *st* angebracht ist, mit einem nach Innen conisch erweiterten Mundstück versehen, welches das Wiederherausfallen des Erzes verhindert. Geringe Mengen etwa zurückgelangender Erzstücke werden, wie bereits

erwähnt, in der Trommel Q (Fig. 292) aufgefangen. Die gleichzeitig mit dem Wasser in die Trommel H gelangenden Erze werden nun im Innern derselben von den Blechschaufeln dadurch allmälig nach K befördert, dass sie bei der Rotation der Trommel, durch die spiralförmig angeordneten Blechschaufeln gleichsam vorwärts geschraubt werden, wobei sie sich gleichzeitig gegen einander reiben und sich gegenseitig den anhängenden Thon, Lehm etc. abputzen, so dass ihn der Wasserstrom zu einem feinen Brei vertheilen kann. Die Schaufeln stehen nämlich, wie die Fig. 298 zeigt, zwar in Reihen, welche parallel der Axe laufen, bilden aber, da sie selbst schräg gestellt sind, eine fortlaufende Spirale. So stellen z. B. die Schaufeln q, q^1, q^2 bis q^{20} (Fig. 298) einen Gang derselben vor. Die Schaufeln sind zweierlei Art. Es giebt grössere, $q^1, q^3, q^5 \ldots$, und kleinere, q, q^2, $q^4 \ldots$, welche in abwechselnden Reihen stehen. Ihre Form ist aus den Figuren 298 und 299 deutlich ersichtlich. Fig. 298 zeigt nämlich die Trommelfläche von Innen gesehen, aber in eine Ebene aufgerollt gedacht, Fig. 299 eine Vorderansicht oder einen Querschnitt dieser aufgerollten mit Schaufeln besetzten Fläche, von h aus gesehen. Auch aus Fig. 295 lässt sich die abwechselnde Stellung und die Form dieser Schaufeln erkennen. Am anderen, der Eintrittsöffnung h entgegengesetzten Ende besitzt die Trommel eine Oeffnung i zum Austritt der vorgewaschenen Erze, deren Durchmesser etwa $^2/_5$ des Durchmessers der Trommel beträgt. Vor dieser Oeffnung sind vier Schaufeln v angebracht, welche die hierhin vorgerückten Erze bis zur Höhe der Austrittsöffnung heben und in diese ausschütten, und ebenso mit dem Schlamme verfahren, soweit er nicht von selbst mit dem Wasser abfliesst. In dem cylindrischen Ansatze K, welcher aus gelochtem Blech besteht, findet die erste Trennung des gewaschenen Erzes vom Schlamme statt. In der Fertigwaschtrommel M, in welcher die vollkommene Reinigung der Erze durch entgegenströmendes Wasser ausgeführt wird, ist eine andere Schaufelstellung gewählt. Hier sind die winkelförmigen Schaufeln in Linien angeordnet, welche einen spitzen Winkel mit der Trommelaxe bilden. Alle haben dieselbe Form und sind an die vorspringenden Ränder (Winkeleisen) $r r'$ angenietet, wie aus den Figuren 294, 296 und 297 deutlich hervorgeht. Fig. 297 zeigt wieder die von Innen gesehene Mantelfläche, zu einer Ebene aufgerollt gedacht, während Fig. 296 die vordere Ansicht derselben, von $w w$ aus gesehen, darstellt. Die Erze, welche durch den an der Vorwaschtrommel befestigten Ansatz K eintreten, haben auch hier einen spiralförmigen Weg zu durchlaufen und werden schliesslich durch die Schaufeln w [1]) ausgetragen, während abweichend von der Wirksamkeit der Trommel H nunmehr der Schlamm

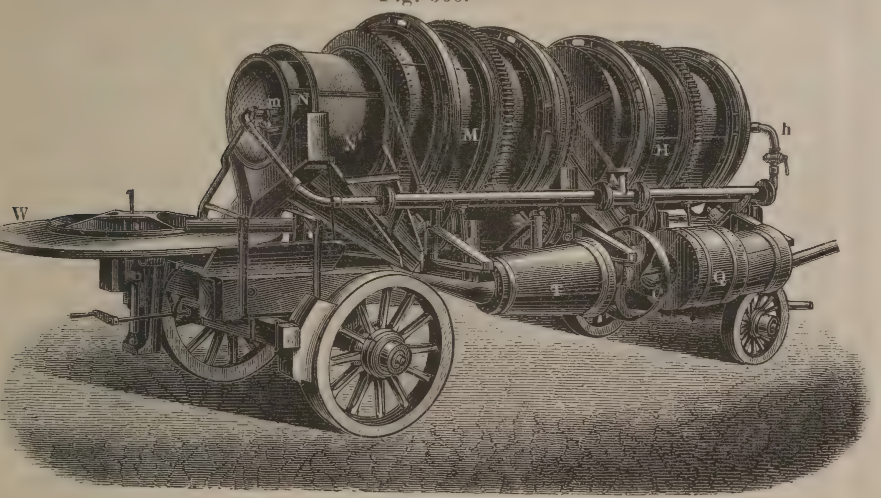
---

[1]) Diese Schaufeln sind bei einigen Eisensteinwäschen durch eine vollständige Spirale ersetzt, welche in einen conischen Blechmantel derart eingefügt ist, dass die Erze zwischen ihren Windungen allmälig aufwärts steigen. Diese Einrichtung kann zwar namentlich bei sehr grossen Stücken vortheilhaft sein, nimmt aber einen viel grösseren Raum ein und wird daher, wenn sie irgend entbehrlich ist, nicht mehr angewendet.

mit dem Wasser durch sechs in dem ringförmigen Boden xy angebrachte Siebe abfliesst. Von der Grösse der in dem Cylinder K und dem Boden xy angebrachten Oeffnungen wird es wesentlich abhängen, ob man bei diesem Waschprocess nur den feinsten Schlamm oder gleichzeitig das feinere und für den Hochofen minder geeignete Erz abscheiden will.

Da es nicht selten, namentlich bei oberflächlich abgelagerten Erzen, vorkommt, dass die Errichtung einer stabilen Wäsche sich nicht lohnt, weil die Förderpunkte zu schnell wechseln und ein weiterer Transport der rohen Erze zur Wäsche die ökonomischen Vortheile der letzteren wieder aufheben würde, so ist von den vorerwähnten Fabrikanten Sievers u. Co. in Kalk bei Deutz eine fahrbare Wäsche construirt und vielfach mit Erfolg angewendet worden, welche an jedem Orte, wo hinreichendes Wasser vorhanden ist, durch eine Locomobile leicht in Thätigkeit gesetzt werden kann. Eine solche Wäsche ist in Fig. 300 in perspectivischer Ansicht abgebildet, was genügen wird, da ihre innere Einrichtung ganz

Fig. 300.



Fahrbare Waschtrommelvorrichtung.

der oben ausführlich beschriebenen stabilen Wäsche analog ist, und nur die einzelnen Theile etwas abweichend combinirt sind. H ist die Rauhwasch-, M die Tratschtrommel. Das gewaschene Erz kann in den concentrischen Sieben N und N', deren ersteres mit gröberen, deren letzteres mit feinen Oeffnungen versehen ist, separirt werden. Die in der Zeichnung sichtbare Trommel T und eine ihr gegenüber liegende nicht sichtbare erfüllen den Zweck der mit T und O bezeichneten Trommeln der Fig. 292, während Q die Function der auch dort mit denselben Buchstaben bezeichneten Trommel ausübt. Das gröbste Erz gelangt auf den Klaubetisch W. Das Wasser wird durch den Stutzen A, an welchen ein Schlauch oder eine Röhrentour angeschraubt werden kann, nach den

beiden Enden der Trommeln vertheilt und tritt bei *h* und *m* in dieselben ein. Die Riemenscheibe *C* überträgt die von der Locomobile aus ihr ertheilte Bewegung auf Trommeln und Klaubetisch. Die hier abgebildete fahrbare Wäsche erfordert eine zehnpferdige Maschine zu ihrem Betriebe.

Als Beispiel einer Eisensteinwäsche mit nur einer rotirenden Waschtrommel, bei welcher an Stelle der Vorwaschtrommel ein längerer Mengetrog angeordnet ist, möge die auf der königl. preussischen Grube zu Mardorf bei Homberg in Betrieb stehende Vorrichtung angeführt werden, welche das in dem Holzkohlenhochofen zu Holzhausen verschmolzene Material liefert. Die dortigen Eisensteine gehören zu den Bohnerzen und kommen in einem der Tertiärformation angehörigen, durchschnittlich 1,1 Meter ($3^1/_2$ Fuss) mächtigen Lager auf dem Muschelkalke vor. Der Thon, welcher die einzelnen, 47 Proc. Eisen enthaltenden Körner umhüllt, macht eine Aufbereitung vor der Verschmelzung nöthig.

Das Erz gelangt zuerst in einen 5 Meter (16 Fuss) langen, 0,63 Meter (2 Fuss) hohen und ebenso weiten, im Querschnitt halbkreisförmigen Trog aus Blech. In demselben rotiren um eine horizontale Welle 35 stumpfe gusseiserne Messer, welche theils gerade, theils unter 45^0 geneigt angeordnet, als endlose Schraube wirken und gleichzeitig mit dem Umrühren des Erzes dessen Fortbewegung besorgen. Die Messer, welche zum Theil durch Schrauben verstellbar sind, wiegen zusammen gegen 600 Kilogrm. (1200 Pfd.). Die mit Wasser gemengten Erze gelangen sodann in die cylindrische Wasch- (Läuter-) Trommel von 3,77 Meter (12 Fuss) Länge und 1,57 Meter (5 Fuss) Durchmesser, in welche der Mengetrog 78 Centimeter (3 Zoll) hineinragt. Die Einrichtung derselben entspricht im Aeusseren und in Bezug auf die Bewegungsvorrichtung ganz den vorher beschriebenen Anordnungen; sie ist aus Eisenblech hergestellt und trägt an 10, in Schraubenwindungen eingelegten Winkeleisen 120 Blechschaufeln. Diese Schaufeln sind ähnlich der in Fig. 296 und Fig. 297 angegebenen Form construirt. Sie sind, wie jene, rechtwinkelig gebogen, aber so gestellt, dass je zwei einen kastenartigen Raum bilden, dessen Boden die Trommelwandung ist. Am hinteren Ende des Apparates sind diese Schaufeln durch einfache, an den Schlusskranz (Boden) der Trommel befestigte, mit durchlöchertem Boden versehene Kästen ersetzt, welche den gewaschenen Eisenstein auswerfen. An derselben Seite treten auch die klaren Waschwasser ein. Die Schlämme nehmen also, wie in der früher beschriebenen Fertigwaschtrommel, den umgekehrten Weg wie die Erze (Gegenstromsystem), und gelangen an dem dem Mengetroge zugekehrten Ende der Trommel, welches mit einem ringförmigen Boden versehen ist, durch acht Siebe von durchlochtem Blech in ein Gefluder.

Die gewaschenen Erze gehen aus der Waschtrommel über den 21 Centimeter (8 Zoll) hohen Blechrand durch einen Blechtrichter, in welchen sie von den vorher beschriebenen Kästen ausgeschüttet werden, in die Entwässerungs- und Separationstrommel. Diese Trommel besitzt eine

Leistungen und Materialverbrauch

der Eisensteinwaschmaschine auf der Königlichen Eisensteingrube Mardorf bei Homberg, Regierungsbezirk Cassel, in den Jahren 1867 bis 1869.

Im Jahre	Dampfmaschine							Betriebszeit	Stillstandszeit	Gewaschener Eisenstein		Wascherlöhne			Material-Verbrauch								Waschkosten überhaupt			Waschkosten		
	Kolben		Einfach oder doppelt wirkend	Wechselung pro Minute	Dampfdruck		Verhältniss des Vorgeleges			in Fudern, à 19,838 Cubikfuss (0,615 Cubikmeter) = 2000 Pfd. (1000 Kil.)	in Centnern, à 50 Kil.				Talg	Rüböl	Hanf	Besen	Flachschippen	Steinkohlen	Braunkohlen					pro Fuder à 0,615 Cubikmeter	pro 1 Cubikmeter	pro Centner = 50 Kil.
	Durchmesser	Hub			pro Quadratzoll	pro Quadratcentimeter															Maass, à 8,47 Cubikf. (0,263 Cubikmeter) = 3 Ctr. (150 Kil.)	In Centnern = 50 Kil.						
	Meter	Meter			Pfd.	Kilogrm.		Stunden	Stunden			Thlr.	Sgr.	Pf.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Stück	Stück	Ctr.			Thlr.	Sgr.	Pf.	Sgr.	Sgr.	
1867	0,263	0,431	doppelt	80	35	2,56	1 : 4	1320	7440	1757	35 140 (1 757 000 Kil.)	321	1	3	32 (16 Kil.)	148 (74 Kil.)	7 (3,5 Kil.	54	—	280 (14 000 Kil.)	570	1 710 (85 500 Kil.)	1237	4	—	21,12	34,34	1,06 Sgr.
1868	0,263	0,431	doppelt	80	35	2,56	1 : 4	1750	7010	$2129\frac{1}{3}$	42 587 (2 129 350 Kil.)	491	28	—	$21\frac{1}{2}$ (10,75 Kil.)	144 (72 Kil.)	—	—	12	230 (11 500 Kil.)	906	2 718 (135 900 Kil.)	911	13	1	12,84	20,87	0,64 Sgr.
1869	0,263	0,431	doppelt	80	35	2,56	1 : 4	1956	6804	$2227\frac{1}{6}$	44 543 (2 227 150 Kil.)	472	24	6	32 (16 Kil.)	142 (71 Kil.)	—	48	8	145 (7 250 Kil.)	972	2 916 (145 800 Kil.)	952	18	4	12,83	20,86	0,64 Sgr.
Summa . . .								5026	21 254	$6113\frac{1}{2}$	122 270 (6 113 500 Kil.)	1285	23	9	$85\frac{1}{2}$ (42,75 Kil.)	434 (217 Kil.)	7 (3,5 Kil.)	102	20	655	2 448	7 344 (367 200 Kil.)	3101	5	5	46,79	76,07	2,34 Sgr.
Durchschnitt pro Jahr . . .								1675	7 085	2038	40 760 (2 038 000 Kil.)	428	17	11	$28\frac{1}{2}$ (14,25 Kil.)	$144\frac{1}{2}$ (72,25 Kil.)	$2\frac{1}{3}$ (1,17 Kil.)	34	7	$218\frac{1}{3}$	816	2 448 (122 400 Kil.)	1033	21	10	15,6	25,35	0,78 Sgr.

eistungen

öniglichen Eisenst

vaschener Eisenstein	
udern, 838 Cu- kfuss 5 Cubik- eter) 000 Pfd. 0 Kil.)	in Centnern, à 50 Kil.
757	35 140 (1 757 000 Kil.)
29⅓	42 587 (2 129 350 Kil.)
27⅙	44 543 (2 227 150 Kil.)
3½	122 270 (6 113 500 Kil.)
38	40 760 (2 038 000 Kil.)

feste, in Lagern laufende Axe und besteht aus zwei nach aussen sich erweiternden Kegeln, welche an die Axe mit Bolzen befestigt sind. Der innere Kegel besteht aus Eisenblech, welches mit 5 Millimetern (3,7 Linien) weiten runden Löchern versehen ist. Der äussere Kegel besteht aus Gussstahlblech mit einer dichten Lochung von $^1/_2$ Millimeter ($^1/_4$ Linie) Weite. Die innere Trommel liefert das gröbere, die äussere das feinere Korn. Was von Erz durch letztere geht, lässt man mit dem abfliessenden Wasser, als reichen Schlamm, in ein zweites Gefluder gehen. Ein Bürstenapparat, welcher mit Klammern an einer Seite des Gebäudes befestigt ist, verhindert das Verschleudern der feineren Körner beim Austragen. Der äussere Kegel der Separationstrommel ist 1,67 Meter (5 Fuss 4 Zoll) lang, am vorderen Ende 0,65 Meter (2 Fuss 1 Zoll), am hinteren Ende 1,05 Meter (3 Fuss 4 Zoll) im Durchmesser; der innere Kegel dagegen hat, bei einer Länge von 1,36 Meter (4 Fuss 4 Zoll), am vorderen Ende 1,05 Meter (3 Fuss 4 Zoll), am hinteren Ende 1,41 Meter (4 Fuss 6 Zoll) im Durchmesser. Während der Arbeit wird die Separationstrommel von aussen durch eine in der ganzen Länge in Form eines gelochten eisernen Rohres mit drei Reihen Oeffnungen neben ihr hinlaufende Brause bespült, damit die perforirten Bleche stets klar gehalten werden. Um das Umherspritzen des Wassers zu verhüten, ist die Trommel mit einem Mantel von Tannendielen umgeben. Die beiden Gefluder, welche Wasser und Schlamm von der Wasch- und Separationstrommel fortführen, münden in einen Sumpf, einen 12,5 Meter (40 Fuss) langen, 3,2 Meter (10 Fuss) breiten, cisternenartigen, mit Sandsteinplatten belegten Raum, welcher in zwei Hauptabtheilungen getheilt ist, deren jede durch zungenartige Mauern in mehrere Fächer gesondert wird, um dem Schlamme auf einem langen Wege Zeit zum Absatz der eisenreicheren Theile zu geben und somit dem Fluthgraben nur die unbrauchbaren Schlämme zu überliefern. Der Betrieb erfolgt durch eine liegende Dampfmaschine mit Expansion und Condensation. Die gewaschenen Eisenerze werden, mit den eisenreichen Schlämmen vermischt, unter Zusatz von Kalkstein bei Buchenholzkohlen und lufttrockenem, rohem Holze im Hochofen verschmolzen.

Die Resultate eines dreijährigen Betriebes sind in der nebenstehenden Tabelle zusammengestellt.

B. Zerkleinerungsarbeiten.

Die Zerkleinerung der Eisenerze findet theils aus dem Grunde statt, um fremde Beimengungen, welche schädlichen Einfluss haben würden, auslesen zu können, und geschieht dann entweder gleich nach der Gewinnung, oder erst nach der Wäsche, oder aber nach einer vorangegangenen Verwitterung, nur in seltenen Fällen nach vorgängiger Röstung. Die Zerkleinerung zu diesem Zwecke erfolgt sehr häufig durch die Hand vermittelst kräftiger Hämmer, weil zum Auslesen der nachtheiligen Bestandtheile doch jedes Stück durch die Hand eines Arbeiters gehen

muss, und bei einer Zerkleinerung auf diese Weise am wenigsten Schmand (staubförmiges Erz) gebildet wird, welches die einzelnen Stücke umhüllt und ihre Zusammensetzung schwieriger erkennen lässt. Bei Erzen, welche geröstet werden, kann man die Zerkleinerung zum Zwecke der Scheidung nur ausnahmsweise bis nach dem Röstprocesse verschieben, da die Erkennung der abzusondernden Verunreinigungen dann meist nicht mehr möglich oder wenigstens sehr schwierig ist. So ist z. B. der Kupferkiesgehalt, welcher den Werth vieler Spatheisensteine des Siegerlandes beeinträchtigt, nach dem Rösten durch das Auge nicht mehr zu erkennen.

Theils erfolgt aber auch die Zerkleinerung der Eisenerze nur deshalb, um bei den nachfolgenden hüttenmännischen Arbeiten eine gleichmässige und innigere Wirkung der physikalischen und chemischen Einflüsse zu erzielen. Beim Rösten ist bereits darauf hingewiesen worden, welchen günstigen Einfluss eine verhältnissmässig geringe und gleiche Korngrösse auf den Erfolg des Processes habe. In noch viel höherem Maasse gilt dies für den Hochofenprocess. Man thut daher gut, die Erze auch dann auf eine entsprechende Grösse zurückzuführen, wenn keine Röstarbeit dem Schmelzen vorausgehen soll. Da die rohen Erze häufig sehr fest sind und ihre Zerkleinerung in diesem Zustande bedeutende pecuniäre Opfer erfordern würde, so unterlässt man oft, wenn auch auf Kosten des Röstprocesses, die Zerkleinerung vorher und verschiebt sie auf die Zeit nach der Röstung. Nicht selten schickt man auch dem Röstprocesse eine oberflächliche Zerkleinerung voran und lässt ihm eine vollständigere folgen. So verfährt man z. B. allgemein in Schweden mit den schwefelkieshaltigen Magneteisensteinen, welche im rohen Zustande ungemein fest sind.

Nicht immer bietet die Zerkleinerung der Eisenerze den erwarteten Vortheil für den Hochofenbetrieb, weil, wenn dieselben leicht zerreiblich sind, eine zu grosse Menge gewöhnlich unverwerthbaren Erzstaubes erzeugt werden würde. Aus diesem Grunde muss diejenige Zerkleinerungsmethode als die beste angesehen werden, welche den geringsten Abgang an Pulver giebt. Obwohl nun, wie bereits erwähnt, in dieser Beziehung die Zerkleinerung durch den Handhammer das günstigste Resultat giebt, so ist doch in allen Fällen, wo damit nicht gleichzeitig eine Scheidung verbunden sein soll, diese Art der Arbeit zu kostspielig, um ihr nicht eine mechanische Zerkleinerung vorziehen zu müssen.

Die mechanische Zerkleinerung der Eisenerze erfolgt durch Pochwerke, Walzen und Quetschen. Die Pochwerke sind die ältesten, unvollkommensten und daher meist verlassenen Vorrichtungen; die Walzen sind besser und gegenwärtig am verbreitetsten, aber die Quetschen sind für den vorliegenden Zweck am allerzweckmässigsten und beginnen sich immer mehr Bahn zu brechen, so dass sie voraussichtlich bald die beiden anderen Apparate ganz verdrängen werden.

1. Eisenerz-Pochwerke.

Eisensteinpochwerke bestehen aus einer eisernen, gitterförmigen Sohle, auf welcher die Erze durch abwechselnd herabfallende schwere Stempel, deren Schlagfläche aus gehärtetem Roheisen (Hartguss) gebildet ist, zertrümmert werden. Das hinreichend zerkleinerte Erz fällt durch die Spalten der Gittersohle. Die Nachtheile der Pochwerke beruhen in der Ungleichheit der durch die Zertrümmerung erzeugten Bruchstücke; in der Schwierigkeit, die Oeffnungen des Gitters stets offen zu erhalten; in der starken Abnutzung der einzelnen Theile der Vorrichtung, sowie endlich in ihrer geringen Leistungsfähigkeit überhaupt.

Die Wirkung oder Arbeitsgrösse jedes Stempels hängt ab von seinem Gewichte p und seiner Fallhöhe h. Drückt man p in Kilogrammen und h in Metern aus, so liefert das Product $ph = w$ die Zahl der Kilogrammeter, welche bei jedem Falle des Stempels zur Wirksamkeit gelangen.

Ist f die Oberfläche der schlagenden Fläche des Pochstempels — der Schlagbahn — in Quadratcentimetern, so ist die Wirkung jeder Flächeneinheit des Stempels $\frac{ph}{f} = w$, und dieser Werth muss für jede Erzsorte ein anderer, aber in jedem Falle ganz bestimmter sein, um die günstigste Leistung zu erzielen; denn der Abfall an Staub wird im einzelnen Falle zunehmen, sowohl wenn der richtige Werth von w überschritten, als wenn er nicht erreicht wird. Der Werth von w muss natürlich mit der Festigkeit des Erzes wachsen, und Rittinger[1]) hat ihn

für sehr festes Erz zu . 0,137 Kilogrammmeter pro 1 □ Centimeter (oder 6 Fusspfund pro 1 □ Zoll)
für mittelfestes Erz zu . 0,115 „ „ 1 □ Centimeter (oder 5 Fusspfund pro 1 □ Zoll)
für minder festes Erz zu 0,092 „ „ 1 □ Centimeter (oder 4 Fusspfund pro 1 □ Zoll)

als Minimum festgestellt.

Mindestens zwei der Grössen p, h und f müssen bei Benutzung der angegebenen Werthe von w bekannt sein, um die dritte zu berechnen. Man pflegt zu diesem Zwecke die mittlere Hubhöhe $h = 21$ Centimeter (8 Zoll), das Gewicht = 150 Kil. (300 Pfund) anzunehmen, oder aber aus der Hubhöhe $h = 21$ Centimeter (8 Zoll) und der Schlagbahn von 246 Quadratcentimetern (36 Quadratzoll) das nöthige Gewicht zu berechnen.

Die Pochstempel macht man fast stets aus Holz, seltener aus Schmiedeeisen und trennt den Schaft vom Pochschuh, welcher aus Gusseisen besteht. Dem Pochschuh oder Pocheisen giebt man eine Höhe von 23 Centimetern (9 Zoll) und einen quadratischen Querschnitt. Die Abnutzung des Pocheisens (der Abrieb) beträgt

---

[1]) Rittinger, Lehrbuch der Aufbereitungskunde. 1867. S. 58, 60 u. f.

bei sehr festen Erzen circa	0,11	bis	0,13	Proc.
„ mittelfesten „ „	0,08	„	0,10	„
„ milden „ „	0,05	„	0,07	„

des Gewichtes vom gepochten Erze, wenn das Eisen nicht abgeschreckt ist, jedoch nur die Hälfte dieser Beträge bei Hartguss. Die Pochsohle erleidet dagegen kaum mehr als 0,01 bis höchstens 0,05 Proc. Abnutzung vom Gewicht des gepochten Erzes.

Die Sohle erhält Zwischenräume von der Weite des grössten Durchmessers der herzustellenden Stücke, meist von 13 bis 20 Millimetern ($^1/_2$ bis $^3/_4$ Zoll).

Man pflegt 3, seltener 5 Stempel in einer Pochlade zu vereinigen und führt dem mittelsten Stempel das Pochgut zu, welches derselbe nach beiden Seiten vertheilen muss. Zum Eintragen dient ein mit geneigtem Boden versehener Vorrathskasten, aus dessen mittelst Schiebers stellbarer Mündung die Erze in Folge einer ihnen mitgetheilten rüttelnden Bewegung, gleichmässig herausgleiten. Man bemisst die Zuführung des Erzes in der Weise, dass auf der Pochsohle stets eine Erzschicht von 52 bis 78 Millimetern (2 bis 3 Zoll) Stärke liegt. Die Stempel werden durch Leithölzer, welche an senkrechten Hölzern (Pochsäulen) befestigt sind, in verticaler Richtung geführt und sind mit Heblingen oder Vorsprüngen versehen, an welchen Daumen angreifen. Diese Daumen sind an einer Welle in der Art befestigt, dass stets der eine Stempel gehoben wird, wenn der benachbarte zum Schlage kommt. Den Daumen giebt man bei circa 13 Centimetern (5 Zoll) Breite eine nach der Evolvente geformte Oberfläche, während die Heblinge eine ebene Angriffsfläche erhalten, um bei gleich bleibender Geschwindigkeit während des Anhubes ein gleiches, statisches Moment der Last zu erreichen. Seltener lässt man die Daumen in einen im Stempelschafte ausgesparten Schlitz eingreifen. Die Anhubsgeschwindigkeit nimmt man zu 0,392 Metern ($1^1/_4$ Fuss) in der Secunde und lässt jeden Pochstempel durchschnittlich 60 Hube in der Minute machen. Die Leistung beträgt dann mindestens 0,93 bis 1,0 Cubikmeter (30 bis 33 Cubikfuss) in 24 Stunden.

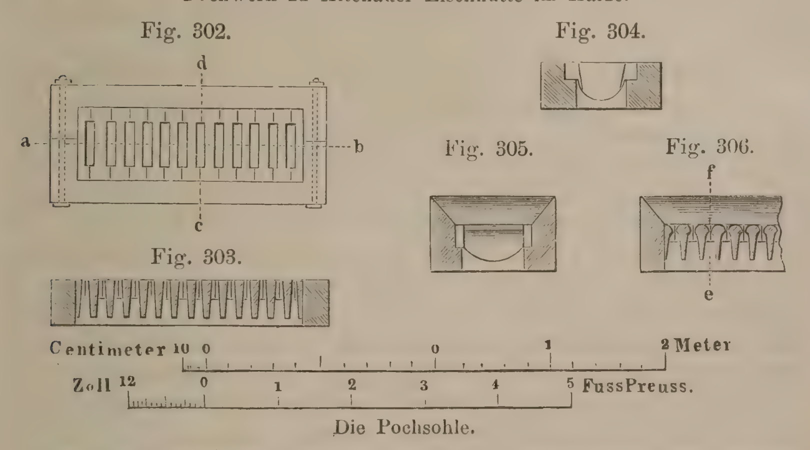
Der mechanische Nutzeffect eines Pochwerkes e [1]) ist $= \frac{p\,h\,n\,N}{60}$ Kilogrammmeter pro Secunde, wenn N Stempel von p Kilogrm. Gewicht und h Meter Hubhöhe, je $n$mal in der Minute gehoben werden. Die an der Arbeitswelle (Pochwelle), welche die Daumen trägt, wirkende Kraft E muss aber wegen der mechanischen Hindernisse, wie Reibungswiderstände u. s. w., bedeutend grösser sein. Man setzt $E = {}^4/_3\, e$, und hieraus lässt sich leicht die nöthige Stärke des Motors (des Wasserrades, der Dampfmaschine) berechnen. Man pflegt auf eine Pferdekraft des Motors 300 bis 350 Kilogrm. (600 bis 700 Pfund) Pochgut zu rechnen.

Beispiel. In Fig. 301 bis 306 ist ein zu Altenauer Eisenhütte im Harz gebrauchtes Eisensteinpochwerk abgebildet.

[1]) Op. cit. S. 143.

Fig. 301.

Pochwerk zu Altenauer Eisenhütte im Harze.



Die Pochsohle.

Fig. 301 zeigt einen Aufriss desselben. Das Wasserrad A betreibt die mit Heblingen versehene Welle BB, auf welcher zum schnelleren Anhalten des Werkes das mit einer gewöhnlichen Backenbremse versehene Bremsrad C sitzt. Die Bremse selbst ist in der Zeichnung fortgelassen.

Die drei Pochstempel *D*, *D'*, *D''* werden durch zwei Paar an dem Holzgerüst *E* befestigte Latten *F* geführt. Die Köpfe der Pochstempel *G* sind aus Gusseisen, welches an der Bahn abgeschreckt ist. Das hinreichend zerkleinerte Erz fällt durch die Gittersohle *H* in den Raum *JJ*, von wo es mit der Hand entfernt wird.

Die Sohle *H* ist verschieden, je nachdem festere oder mildere Erze angewendet werden. Bei ersteren besteht sie aus einfach nach unten verjüngten Roststäben. Sie ist in Fig. 302 (auf Seite 521) in oberer Ansicht, in Fig. 303 im Durchschnitt nach Linie *ab* und in Fig. 304 im Durchschnitt nach Linie *cd* dargestellt.

Für mildere Erze, welche einen solchen Rost leicht versetzen, hat man zu Rothehütte im Harze die in den Figuren 305 und 306 (auf Seite 521) dargestellte Form der Stäbe gewählt; der abgerundete Kopf derselben gestattet einen leichteren Durchgang der zerpochten Theile [1]).

2. Eisenerz-Walzwerke.

Während das Pochwerk durch Schlag wirkt, veranlasst das Walzwerk die Zerkleinerung der Erze durch Druck. Wenn zwischen zwei in umgekehrtem Sinne sich gegen einander drehende, mit ihren parallelen Axen in einer Horizontalebene liegende Walzen ein sprödes Erz geführt wird, so entsteht in Folge seines Gewichtes an den Berührungsstellen mit den Walzenmantelflächen Reibung. Ist diese Reibung, welche um so mehr zunimmt, je tiefer das Erzstück zwischen die Walzen gelangt, und je mehr es sich der Axenebene nähert, grösser, als der Widerstand desselben gegen das Zerdrücken, so erfolgt das letztere. Im umgekehrten Falle bleibt das Erzstück liegen, ohne von den Walzen erfasst zu werden. Die Grösse der zerbrochenen Stücke ist stets kleiner, als die Entfernung der Mantelflächen in der Axenebene von einander. Ein dritter Fall tritt ein, wenn die Reibung zwar kleiner, als der Widerstand des Erzstücks gegen das Zerdrücken, aber grösser als die Festigkeit der Walzen ist; dann zerbrechen die letzteren. Um einen solchen Bruch der Walzen zu verhüten, welcher besonders dann vorkommt, wenn härtere Stücke als das Erz, für welches das Walzwerk construirt ist, z. B. Quarzstücke, eiserne Gezähetheile, mit in das zu quetschende Gut gerathen sind, so legt man nur die eine Walze ganz fest, die andere dagegen lässt man in Lagern laufen, welche sich gegen starke Federn stützen, oder durch Gegengewichte angedrückt werden. Diese Achslager geben nur dann nach, wenn die zu festen Stücke zwischen die Walzen kommen, während sie bei der gewöhnlichen Festigkeit des Erzes ihre Lage nicht wesentlich verändern. Die Art der Federn ist hierbei gleichgültig; man wendet am häufigsten Eisenbahnwagenfedern, auch wohl spiralförmig aufgerollte Bufferfedern, seltener cylindrische Gummistücke an. Gegengewichte pflegt man an einem doppelarmigen Hebel aufzuhängen.

---

[1]) Die Zeichnungen verdankt der Bearbeiter der Güte der Herren Hüttenmeister Jüngst zu Clausthal und Deppe zu Königshütte.

Häufig legt man zwei Walzenpaare über einander an, von denen das obere weiter aus einander gestellt ist, als das untere, und daher dem letzteren die grob zerkleinerten Stücke zur völligen Zerkleinerung überliefert. Um die Reibung zu vermehren, versieht man die Walzen sehr oft mit Längsriefen, welche bei dem oberen Walzenpaare tiefer sind, als bei dem unteren. Da die Oberflächen der Walzen sehr schnell abgenutzt werden, so pflegt man, um nicht jedesmal die ganze Walze erneuern zu müssen, sie aus zwei concentrischen Theilen herzustellen, und setzt auf die schmiedeeiserne Axe einen aus Hartguss, auch wohl aus Stahl gefertigten Mantel auf. Beide Theile werden durch Feder und Nut, oder durch Holzkeile hinreichend fest mit einander verbunden. Soll der Mantel entfernt und gegen einen neuen ausgetauscht werden, so brennt man, im Falle die Befestigung durch Holzkeile stattgefunden hatte, letztere aus, oder zertrümmert den als Ganzes nicht mehr brauchbaren Mantel durch Hammerschläge. Zuweilen umgiebt man die Axenspindel auch erst mit einem cylindrischen Walzenkern, welcher seinerseits durch Feder und Nut mit der Spindel und durch Holzkeile mit dem ihn umgebenden Walzenmantel verbunden ist.

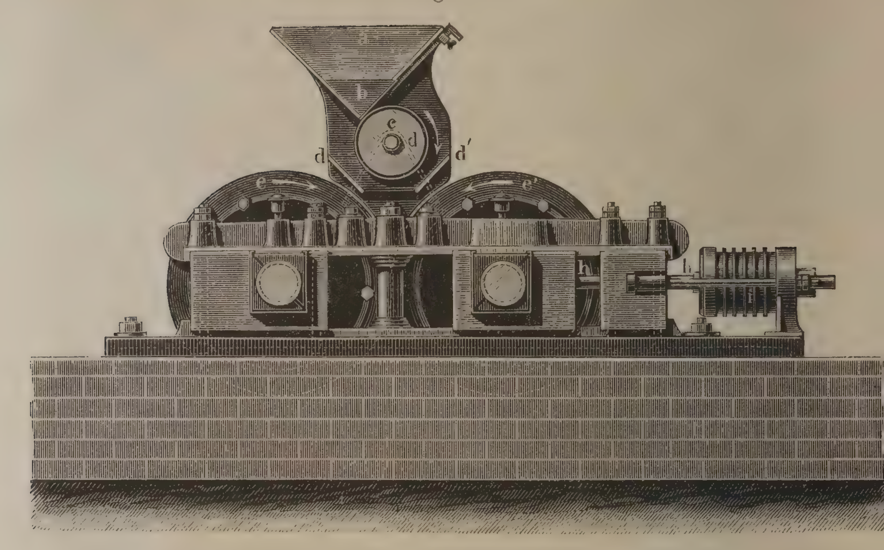
Den Walzen giebt man 0,47 bis 0,71 Meter (18 bis 27 Zoll) Dtr., höchstens 0,94 Meter (3 Fuss) Länge und eine durchschnittliche Peripheriegeschwindigkeit von 0,314 bis 0,942 Meter (1 bis 3 Fuss [1]), welche indessen bei spröden Erzen bedeutend gesteigert werden kann. Der Mantel (die Schale) wird 39 bis 52 Millimeter ($1^1/_2$ bis 2 Zoll), die Holzverkeilung 26 bis 39 Millimeter (1 bis $1^1/_2$ Zoll) stark genommen.

Beispiele. Ein von Sievers u. Co. in Kalk construirtes Walzwerk [2]) ist in Fig. 307 und 308 (a. f. S.) abgebildet. Fig. 307 zeigt eine Seitenansicht im unteren, einen Durchschnitt im oberen Theile, Fig. 308 einen Durchschnitt, rechtwinkelig zur Fig. 307. Der Durchschnitt der letzteren Figur ist so gelegt, dass die Schüttwalze und die hintere untere Walze sammt ihren Wellen in voller Ansicht, die zugehörigen Ständer und Lager dagegen durchschnitten erscheinen. Die Erze werden in den Trichter *a* gefüllt, von wo sie durch einen Schieber *b* in der nöthigen Menge herausgelassen werden. Sobald der Betrieb beginnt, wird der Schieber *b* so weit als nöthig geöffnet; der Erzvorrath fällt dann auf die Walze *c*, welche, in der Richtung des Pfeiles sich drehend, je nachdem ihre durch die Riemenscheibe *g* (Fig. 308) vermittelte Bewegung beschleunigt oder verlangsamt wird, ein mehr oder weniger grosses Quantum Erz gleichmässig dem Trichter *d d'* zuführt, der es seinerseits zwischen die Quetschwalzen *e e'* gleiten lässt. Diese Quetschwalzen laufen in Lagern, welche in einem starken eisernen Rahmen befestigt sind. Die Lager der Walze *e*, deren Axe mit dem Motor in directer oder durch das Vorgelege *f* in indirecter Verbindung steht, liegen fest; die Lager der Walze *e'*

---

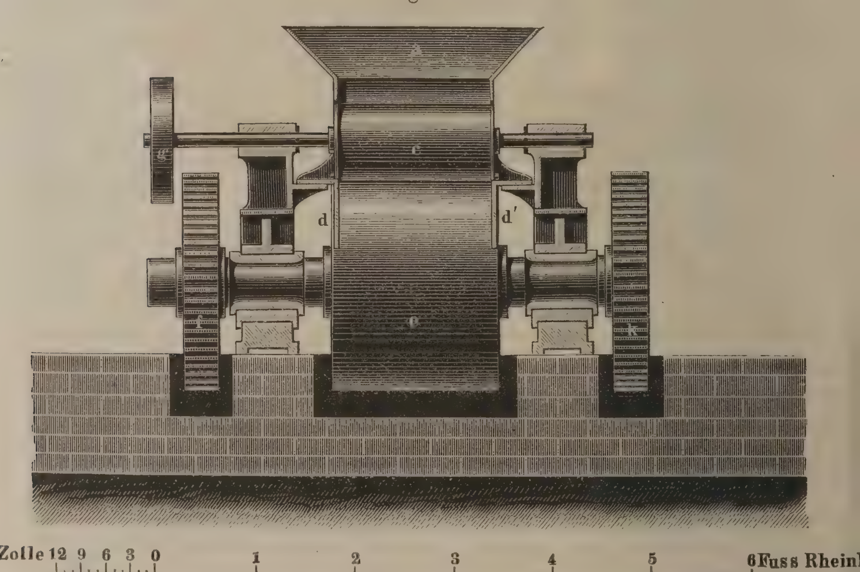
[1]) Rittinger, op. cit. S. 29. — [2]) Dessen Zeichnung der Bearbeiter ebenfalls dem Herrn Ingenieur Neuerburg daselbst verdankt.

Fig. 307.



Eisenstein-Walzwerk (Seitenansicht und Längendurchschnitt).

Fig. 308.



Eisenstein-Walzwerk (Verticaldurchschnitt).

dagegen stützen sich gegen die Bolzen *h* der starken Spiralstahlfedern *i*, und sind daher nachgiebig. Die Bewegungsübertragung von der Walze *e* auf die Walze *e'* erfolgt vermittelst der langzahnigen Getriebe *k*, welche auch im Falle einer bedeutenden Entfernung der Walzen von einander nicht ausser Eingriff kommen dürfen.

Das hier abgebildete Erzwalzwerk bedarf einer 15pferdekräftigen Dampfmaschine, um bei 20 Umdrehungen pr. Minute 60000 Kilogrm. (1200 Ctr.) in 12 Stunden zu zerkleinern.

Ein zweipaariges Erzwalzwerk, bei welchem die Lager der einen Walze durch Gegengewichte angedrückt werden, ist in Fig. 309 mit Hin-

Fig. 309.

Zweipaariges Eisenstein-Walzwerk (Seitenansicht).

weglassung des Bewegungsmechanismus dargestellt. Es ist zu Zorge im Harz in Thätigkeit [1]).

Man fängt das gewalzte Erz gewöhnlich direct in den Wagen auf, welche es zum Hochofen oder Röstofen führen, und siebt es nur in seltenen Fällen von dem namentlich durch die rollende Reibung der Erzstücke gegen einander gebildeten Staube ab, oder trennt es durch Siebe in verschiedene Korngrössen, von denen man zuweilen die gröbste Sorte nochmals durch dieselben oder andere, enger gestellte Walzen gehen lässt.

In Ilsenburg, wo man ein zweipaariges Walzwerk zum Zerkleinern des gerösteten Eisensteins benutzt, und die Bruchstücke des Erzes durch Rättersiebe in zwei Sorten getrennt werden, von denen nur die Stücke unter Haselnussgrösse zum Hochofen, die grösseren aber ins Walzwerk zurückgehen, sind sieben Arbeiter zur Bedienung nöthig, mit deren Hülfe täglich gegen 28 Cubikmeter (900 Cubikfuss) zerkleinerte Steine geliefert werden können.

3. Eisenerzquetschen.

Die Erzquetschen unterscheiden sich dadurch von den Erzwalzen, dass bei jenen zwei gerade Flächen gegen einander gedrückt werden, dass daher das zu zerquetschende Erzstück nicht, wie bei den Walzen, während der Zermalmung bewegt wird. Aus diesem Grunde liefern die Erzquetschen weit weniger Staub, als die Walzen, und haben deshalb auch mit Recht eine immer allgemeinere Anwendung zur Vorbereitung der Eisenerze gefunden [2]).

Es wird bei den Quetschen eine an horizontaler Axe aufgehängte Backe durch Kniehebel gegen eine zweite feststehende Backe gedrückt, und die Entfernung des unteren Theiles beider Backen in ihrer am meisten genäherten Stellung bedingt die Maximalgrösse der Bruchstücke.

Die Erzquetschen oder Steinbrechmaschinen (Steinbrecher) sind 1858 von Blake in New-York erfunden worden, und gelangten durch die Ausstellung zu London 1862 zur allgemeinen Kenntniss, in Folge deren sich die anfangs nur zur Zerkleinerung von Chausseesteinen und goldführenden Quarzen bestimmten Apparate schnell Eingang auf Hüttenwerken verschafften [3]).

Die Erzquetsche hat seitdem mannigfache Abweichungen der Construction erfahren [4]). Den meisten Werth hat man mit Recht auf eine einfache und kräftige Bauart gelegt. Eine in dieser Beziehung allen

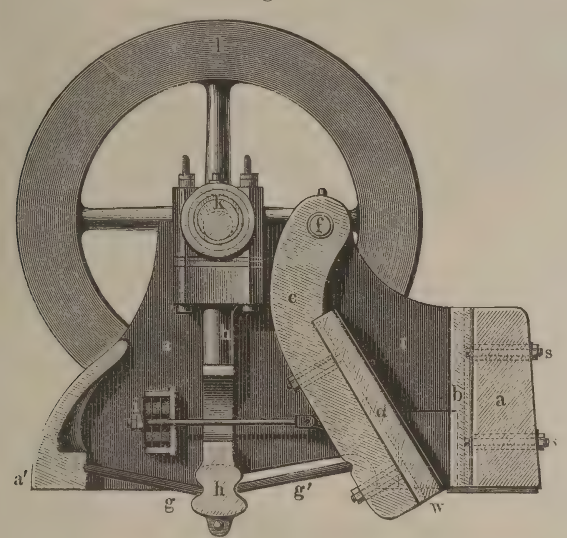
---

[1]) Die Zeichnung verdankt der Bearbeiter den Herren Hüttenmeistern Jüngst und Deppe. — [2]) Für andere Erze, welche zur ferneren Aufbereitung in sehr kleine Stücke übergeführt werden müssen, eignen sie sich nicht und sind für diese nur als Vorbereitungsapparate zu betrachten, welche das erzeugte grobe Gut für die Pochwerke liefern. — [3]) Zur Zerkleinerung von Eisensteinen soll die erste Erzquetsche zu Trenton angewendet worden sein. — [4]) Sie ist zuerst namentlich auf der Georgs-Marienhütte bei Osnabrück verbessert worden.

Anforderungen genügende Erzquetsche, welche entweder auf Riemenbetrieb oder auf directen Betrieb durch eine mit ihr verbundene Dampfmaschine eingerichtet ist, wird von Sievers u. Co. in Kalk gebaut und ist in ihren beiden Anordnungen in Fig. 310 und in Fig. 311 und 312 (a. f. S.) nach gleichem Maassstabe dargestellt.



Fig. 310.



Erzquetsche mit indirecter Bewegungsübertragung.

Gleiche Buchstaben bezeichnen in allen drei Figuren entsprechende Theile. $a\,a'$ ist das starke gusseiserne Gestell der Erzquetsche. An dasselbe ist die aus Hartguss bestehende feste Backe b durch Keile und Schrauben so befestigt, dass sie sich ohne grosse Mühe auswechseln lässt. Sie ist zu letzterem Zwecke oben mit einer Oese o (Fig. 312) versehen, an der sie sich herausziehen lässt, nachdem Keile und Schrauben s gelöst sind. c ist die bewegliche Backe, welche gleichfalls mit einem auszuwechselnden Ansatze d aus Hartguss versehen ist; sie hängt an der im Gestelle a befestigten Axe f. Ein Kniehebel $g\,g'$ wird durch den Auf- und Niedergang der Leitstange h abwechselnd gestreckt und gebeugt, gleichzeitig also die bewegliche Backe abwechselnd der festliegenden Backe genähert und von ihr entfernt. Durch eine Oeffnung der Leitstange h geht eine mit der beweglichen Backe und einer Feder i verbundene Stange, welche den Rückgang der beweglichen Backe befördert. Die auf- und abgehende Bewegung der Leitstange h erfolgt durch das Excentrik k, auf dessen Welle die beiden gewichtigen Schwungräder l befestigt sind.

Bei der in Fig. 310 im Durchschnitt dargestellten Maschine erfolgt nun die Bewegung von einem besonders aufgestellten Motor aus, welcher

Fig. 311.

Verticalschnitt.

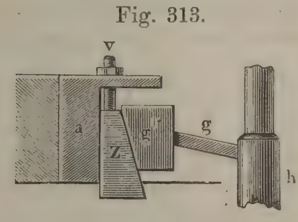
Fig. 312.

Perspectivische Ansicht.

Erzquetsche mit directer Bewegungsübertragung.

mit einer auf der Schwungradwelle sitzenden Riemenscheibe verbunden ist; bei der in Fig. 311 im Durchschnitt, in Fig. 312 in der Ansicht dargestellten Maschine dagegen liegt die Dampfmaschine *m* auf dem Gestelle selbst und überträgt durch die Kurbelstangen *n* (Fig. 312) die Bewegung auf die Schwungräder *l*, auf deren Welle die Excentriks *k* befestigt sind. Das Erz wird in die Oeffnung *r* zwischen beide Backen geworfen und gelangt zerkleinert bei *w* (dem Brechmaule) aus der Maschine. Die Grösse der Stücke hängt von der Weite des Brechmaules *w* ab, und diese lässt sich in geringem Maasse theils durch die Länge der Hebelarme *g* und *g'*, theils durch die Stärke der Backe *d*, theils durch die Hubhöhe des Excentriks *k* reguliren. Will man indessen die Maulweite öfters und in weiteren Grenzen stellen, um sehr verschiedenartig grosse Stücke zu erzeugen (was jedoch kaum jemals Bedürfniss für den Hochofenbetrieb sein kann, wenn einmal die richtige Grösse der Erzstücke ausgemittelt ist), so schaltet man zwischen den Hebelarm *g* und das am Gestelle befestigte Stück *a'*, gegen welches sich der Hebelarm stützt, einen vermittelst Schraube anziehbaren Keil ein, durch dessen Stellung der ganze Kniehebel und mit ihm die bewegliche Backe der festen Backe genähert, oder von ihr entfernt werden kann. Diese Einrichtung ist in Fig. 313 dargestellt. Der Hebelarm *g* lehnt sich mit seinem Endigungsstücke *g''* gegen den Keil *Z*, der mit seiner anderen Fläche an der mit dem Gestell fest verbundenen Backe *a'* gleitet. Durch Anziehen der Schraubenmutter *v* wird der Keil gehoben oder gesenkt.

Fig. 313.



Keilstellung für Erzquetschen.

Jede der in den Figuren 310 bis 312 abgebildeten für gleiche Leistung berechneten Maschinen bedarf einer Betriebskraft von 5 bis 10 Pferdekräften, welche je nach der Härte des zu zerkleinernden Erzes schwankt. Sie bricht in 12 Stunden 60000 Kilogrm. (1200 Ctr.) Erz bei einer Breite des Brechmaules von 0,471 Meter (18 Zoll) und einer oberen Weite des Füllraumes *r* von 0,314 bis 0,392 Meter (12 bis 15 Zoll), wenn sie pr. Minute ungefähr 200 Umdrehungen (Hübe) macht.

Nach der vorangegangenen Beschreibung werden die wichtigsten Abweichungen anderer Constructionen von Erzquetschen auch ohne Zeichnung leicht verständlich sein.

Die ersten Maschinen Blake's übertrugen die Bewegung von der Schwungradwelle durch einen einarmigen Hebel auf die nicht abwärts, sondern aufwärts gerichtete Kniehebelstange *h*, was indessen eine weniger kräftige und dauerhafte Construction als die der abgebildeten Quetschen lieferte. Bei der Anordnung Dyckhoff's[1]) wird von einem Excentrik,

[1]) Kerpely, Fortschritte der Eisenhütten-Technik im Jahre 1865. S. 42.

welches durch Getriebeübersetzung von der Schwungradwelle aus bewegt wird, die bewegliche Backe direct und geradlinig in Führungen vorgeschoben. Bei dieser Construction verzichtet man auf die Vortheile, welche die Anwendung des Kniehebels gewährt und überträgt ausserdem einen etwa erfolgenden Bruch im Mechanismus auf die schwer zu ersetzende Welle des Excentriks, während bei der oben angegebenen Einrichtung nur die einfachen Hebelarme der Zerstörung ausgesetzt werden. Derselbe Constructeur hat auch die Anwendung von zwei beweglichen Backen statt der einen vorgeschlagen, welche nach unten verlängert sind und sich um zwei am tiefsten Theile angebrachte horizontale Axen bewegen, während sie am oberen Theile direct durch zwei Excentriks abwechselnd gegen einander geschoben und von einander entfernt werden. Eine solche Maschine bietet den Vortheil gegen die abgebildeten, dass die Maulweite sich in Folge der Art der Bewegung weniger verändert, und dass daher die Bruchstücke des Erzes gleichmässiger in Grösse ausfallen; andererseits ist sie jedoch complicirt durch die doppelt vertretenen Bewegungsmechanismen.

Eine Dyckhoff'che Erzquetsche soll [1]) in 12 Stunden 100 000 Kilogrm. (2000 Ctr.) Eisenstein bei 30 Huben pr. Minute mit einer Betriebskraft von 4 Pferden zerkleinern, was indessen sehr leicht zerstörbare Erze voraussetzt.

Auf einem gleichen Principe beruht auch die Gardiner'sche Quetsche (*Thunderbolt Crusher*) [2]), welche sich dadurch von dem Dyckhoff'schen Apparate mit zwei beweglichen Backen unterscheidet, dass die Drehungsaxen unsymmetrisch zum Brechmaule gestellt, die Backen auch nach oben bedeutend verlängert sind und von einer Kurbelaxe aus, welche zwischen ihnen liegt, vermittelst Kurbelstangen hin und her bewegt werden. Es kann auf diese Weise eine sehr kräftig wirkende Maschine geschaffen werden, doch müssen dem entsprechend auch die einzelnen Theile stärker construirt sein. Für alle Eisenerze genügen vollkommen die einfacheren Apparate, welche zuerst geschildert worden sind [3]).

Die Backen, welche meist aus Hartguss, seltener aus Stahl gefertigt werden, erhalten zwar meist eine glatte oder wenig gerippte Oberfläche; doch sollen, nach den Erfahrungen einiger Ingenieure, tief gerippte Backen weniger Staub liefern, weil die Erzstücke durch dieselben mehr

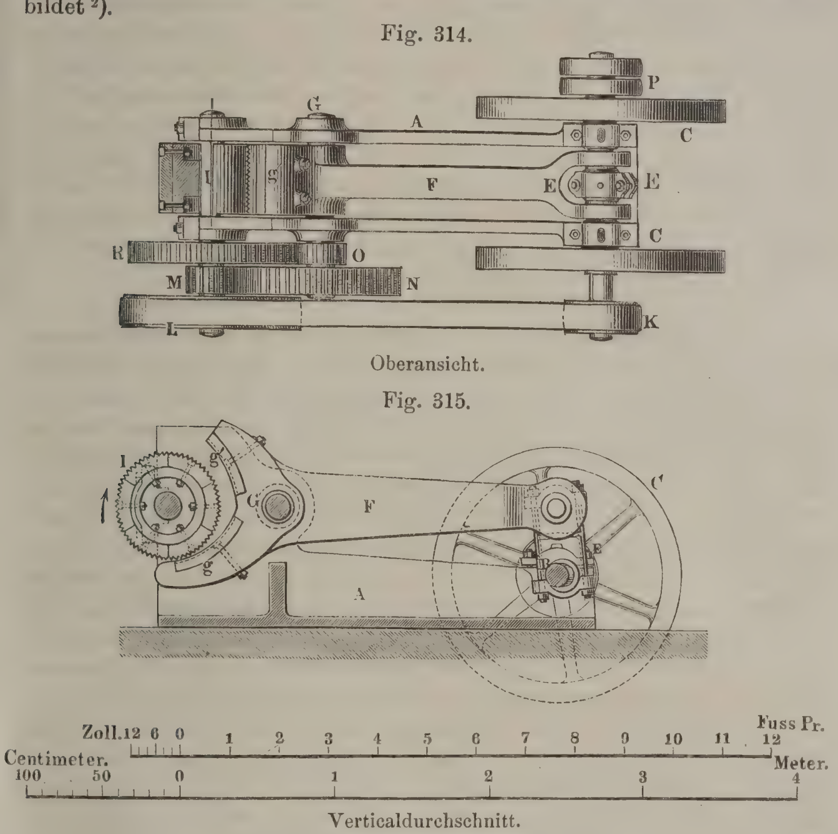
---

[1]) Loc. cit. S. 46. — [2]) Berg- u. hüttenm. Zeit. 1866. S. 41. — [3]) Man findet Mittheilungen über Erzquetschen und Steinbrechmaschinen namentlich an folgenden Orten: Kerpely, Bericht über den Fortschritt der Eisenhütten-Technik. 2. u. 3. Jahrgang; Revue univers. 9 année p. 445; Armengaud, Publ. industr. XVI, livr. 1 — 2; Civil-Ingenieur XI, S. 303 u. Taf. 23; Polytechn. Centralbl. 1865. Heft 20 und 1866. S. 406; Berg- u. hüttenm. Zeitung 1866, S. 41; Verhandl. d. Vereins zur Beförderung des Gewerbefleisses in Preussen 1865. S. 107; Mechanics magaz. 1868. S. 68; Annal. des min. VI. sér. t. 8, p. 259; Mining Press. V. 18, p. 145; Engineering V. 8, p. 64 u. 78; Frankl. Journ. V. 57, p. 361; Constructeur 1869. p. 119; Americ. Mining Journ. V. 7, p. 145; Génie industr. Vol. XX, XXII; Publication industrielle Vol. XIV.

zerspalten als zerdrückt werden, und Dyckhoff hat sogar seiner Maschine Backen mit 20 Millimeter (9,2 Linien) hohen horizontalen Rippen gegeben [1]).

Eine ganz besondere Art von Erzbrechern ist neuerdings aufgetaucht und war auf der Industrieausstellung zu Altona 1869 vertreten. Die Vorrichtung ist von Corbitt und Archer construirt und in Fig. 314 in oberer Ansicht sowie in Fig. 315 im verticalen Längsdurchschnitt abgebildet [2]).

Fig. 314.



Oberansicht.

Fig. 315.

Verticaldurchschnitt.

Corbitt und Archer's Erzquetsche.

Eine je nach Bedarf glatte oder gerippte Walze *J* dreht sich um ihre horizontale Axe. Ein maulartig geformter Brecher *F*, welcher dieselbe zur Hälfte umfasst, wird durch ein Excentrik *B* und die kurze aber kräftige Leitstange *E* schaukelnd um die im Gestelle *A* festgelagerte Axe *G* bewegt und nähert sich mit seinen Lippen *g'* und *g* abwechselnd dem oberen und dem unteren Theile der Walze. Die mittlere Entfernung der

---

[1]) Kerpely, loc. cit. S. 46. — [2]) Génie industr. Juli 1869. Vol. XXXVIII, Pl. 481.

unteren Lippe von der Walze ist etwas kleiner als die der oberen, und die Erze, welche zwischen der Walze und der Oberlippe vorgebrochen werden, erhalten daher zwischen der Walze und der Unterlippe ihre beabsichtigte Korngrösse. Wenn auch die Maschine durch diese doppelte Zerkleinerung einen Vortheil gegen die vorhin beschriebenen Steinquetschen mit geraden Backen bietet, so muss doch die Staubbildung in Folge des durch die ununterbrochene Drehung der Walze eintretenden Rollens der Erze eine stärkere sein, als bei jenen. Der Hub kann leicht an der Leitstange E gestellt und regulirt werden. Die Bewegung wird von dem Motor aus auf die Riemenscheibe P, welche auf der mit zwei Schwungrädern CC versehenen Excentrikwelle sitzt, übertragen und von dort durch Riemenscheiben K und L auf das Getriebe M, von wo aus durch leicht auszuwechselnde Zahnräder N, O und R der Walze J die entsprechende Umdrehungsgeschwindigkeit mitgetheilt wird. Die zu Altona ausgestellt gewesene, in Dunston bei Gateshead an der Tyne construirte Maschine soll in zehn Stunden 35 000 Kilogrm. (700 Ctr.) Steine zerkleinert haben.

Der Einfluss, welchen die Vervollkommnung der Zerkleinerungsmaschinen auf ihre Anwendung für die Eisenerze haben wird, ist nicht gering anzuschlagen. Bisher hat man meistentheils die Kosten einer Zerkleinerung zu hoch berechnet gegen den Vortheil, welcher daraus für den Hochofen- oder Röstofenbetrieb erwächst, ein Vortheil, welcher, selbst bei Benutzung unvollkommnerer Zerkleinerungsapparate, dem unparteiisch Urtheilenden entgegentritt; bei manchen Holzkohlenwerken, bei denen man in Folge des geringen Umfanges der Geschäfte häufig grössere Sorgfalt auf einzelne Operationen zu verwenden pflegt, als bei grossartigen Steinkohlenwerken, hat man durch eine angemessene Zerkleinerung der Eisenerze, auch mittelst weniger vollkommener Apparate, doch schon seit Jahren einen so wohlthätigen Einfluss auf die Resultate des Hochofenbetriebes gespürt, dass die Kosten der Zerkleinerungsoperation dadurch mehr als aufgewogen werden. Namentlich in Schweden trägt die richtige Zerkleinerung des gerösteten Eisensteins nicht wenig zu den vortrefflichen Ergebnissen vieler dortigen Hochöfen bei. Man zerquetscht den Magneteisenstein theils auf Walzwerken, deren eines auf der zu Seite 477 gehörigen Tafel (Fig. 273 und 274) mit ii bezeichnet ist, theils, und dies Verfahren bricht sich immer allgemeiner Bahn, auf Quetschwerken zu gleichmässigen Stücken von weniger als 26 Millimeter (1 Zoll) Durchmesser. Unter den deutschen Werken zeichnet sich Ilsenburg am Harz in dieser Beziehung aus. Am unrationellsten verfährt man offenbar auf den meisten Hütten Englands, wo oft centnerschwere Blöcke Eisenstein neben haselnussgrossen Stücken in den Hochofen gestürzt werden.

Im Allgemeinen darf man als eine zweckmässige Grösse für die Erzstücke einen Durchmesser von 2 bis 10 Centimetern ($^3/_4$ bis 4 Zoll) ansehen und sollte niemals über 16 Centimeter (6 Zoll) hinausgehen. Noch

wichtiger als die absolute Grösse der einzelnen Erzstücke ist die Gleichmässigkeit derselben und man wird daher gut thun, das gebrochene Erz durch Rättersiebe zu separiren. Die zu gross gebliebenen Stücke kann man zweckmässig dem Zerkleinerungsapparate nochmals überliefern.

C. Vereinigung kleiner Eisensteinstücke.

Es giebt Eisenerze, welche eine solche Beschaffenheit haben, dass sie beim Trocknen in Staub zerfallen und daher für den Hochofenbetrieb sehr unvortheilhaft wirken; andere Eisenerze geben bei den Vorarbeiten des Zerkleinerns und Waschens einen noch hinreichend eisenreichen Abgang von Staub und Schlamm. In manchen Fällen ist es vortheilhaft, diese klaren Erze, wie man solche feine, pulverige im Gegensatz zu den Stück- oder Stufferzen nennt, nicht verloren gehen zu lassen, und daher Mittel zu ihrer Vereinigung in Stücke anzuwenden.

Am häufigsten finden die bei der Wäsche abgehenden Erzschlämme, wenn sie reich genug sind, Anwendung. Man lässt sie in Sümpfen absetzen, formt aus dem etwas abgetrockneten Schlamme Ziegeln und trocknet diese an der Luft, röstet sie auch wohl. Freilich sind solche Ziegeln nicht immer haltbar, sondern zerfallen häufig beim Trocknen wieder in Pulver, wenn man nicht künstliche Bindemittel zu Hülfe nimmt. Die in der Natur im mulmigen Zustande vorkommenden Brauneisenerze verhalten sich oft so ungünstig, wenn das Bindemittel beim Formen von Steinen aus denselben nur Wasser ist; denn sobald dieses verdampft, hört der Zusammenhang der einzelnen Theilchen wieder auf.

Einem stärkeren Zusammenpressen, etwa mit Maschinenkraft, setzen solche Erze wegen der Unzusammendrückbarkeit des in ihnen gewöhnlich reichlich enthaltenen Wassers grossen Widerstand entgegen, es sei denn, dass sie durch beigemengten Thon plastisch sind oder durch Zusatz von Thon plastisch gemacht werden. Durch das letztere Verfahren wird indessen der Reichthum des Erzes an Eisen herabgedrückt.

Ein Anrühren der Erze mit einem Breie von gebranntem und gelöschtem Kalke, welches oft sehr vortheilhaft für den Hochofenprocess sein würde und in Folge der allmäligen Bildung einer kieselsauren Kalkverbindung auch oft hinreichende Haltbarkeit der mit diesem Zusatze gebildeten Ziegeln gewährt, ist in den meisten Fällen wegen zu hoher Kosten unausführbar. Zu Straschitz in Oesterreich wird der beim Zerkleinern der Erze abfallende Staub in Kalkbrei eingebunden und dann dem Hochofen übergeben [1]). Mehr noch hat dieses Verfahren sich bei der Verhüttung der im Wesentlichen aus kieselsaurem Eisenoxydul und Eisenoxydoxydul bestehenden Puddel- und Schweissofenschlacken bewährt. Bereits Berthier [2]) hatte vorgeschlagen, fein gepochte Frischschlacken mit ge-

[1]) Oesterr. Jahrb. Bd. XVII, S. 231. — [2]) Handb. d. metall. analyt. Chemie, deutsch von Kersten, Bd. II, S. 279. Vergl. Berg- u. Hüttenm. Zeit. 1862. S. 336.

pulvertem Kohlenstaub und Kalk zu Ziegeln zu formen und in dieser Form zu verschmelzen. Später ist dieses Verfahren noch öfters versucht und namentlich von Lang und Frey in Steiermark mit Erfolg wieder aufgenommen worden. Es werden circa 400 Gewichtstheile Schlackenpulver mit 100 Gewichtstheilen Kalk und 100 Gewichtstheilen Kokslösche gemischt; die Masse wird dann zu Ziegeln geformt und nach dem Erhärten in Stücke von Haselnussgrösse gebrochen.

Man hat auch versucht, mulmige Erze oder Erzstaub mit rohem oder gebranntem Kalk und Steinkohlenpulver oder nur mit Steinkohlenklein zu mengen und die Mischung einem gleichzeitigen Röst- und Verkokungsprocesse in Koksöfen auszusetzen; indessen sind auch hierfür die Kosten stets zu hoch ausgefallen [1]).

Eine Vereinigung mulmiger Erze zu grösseren Stücken durch Sinterung vermittelst ihrer stärkeren Erhitzung im Röstofen ist bereits Seite 457 und 490 erwähnt. Der für die Reduction ungünstige Zustand des halbgeflossenen Erzes wird in den meisten Fällen ein Hinderniss für die absichtliche Anwendung dieses Verfahrens sein. Jedenfalls sind die Versuche in dieser Richtung noch nicht als abgeschlossen anzusehen.

Als eins der wenigen Beispiele einer erfolgreichen Stückbildung aus feinen Erzen ohne Zusatz dient die Grube Cornelia zu Stolberg bei Aachen. Hier kommt Brauneisenstein [2]) in kleinen eckigen Stücken von Erbsen- bis Wallnussgrösse, gemischt mit pulverförmigem Erze vor und lässt sich in dieser Form im Hochofen nicht verschmelzen. Man klaubt daher zuvörderst die grössten Stücke aus, rührt den Rest vermittelst einer mit Armen versehenen senkrechten Welle, welche in einem cylinderförmigen Sumpfe rotirt, mit Wasser zusammen, und führt den Schlamm durch einen Wasserstrom fort. Das Zurückbleibende wird auf einem von eisernen Stangen gebildeten Roste in zwei Sorten getrennt. Das Grobe geht direct zur Hütte, das zwischen dem Roste durchgehende Erzklein aber wird in Schlämmgräben, wo wieder ein grosser Theil kleinerer Stücke gewonnen wird, verwaschen, und der dabei abgeschwemmte Schlamm geht mit dem direct aus der Rührvorrichtung kommenden Schlamme in Sümpfe. Aus diesen wird er von Zeit zu Zeit ausgestochen, in Ziegeln geformt und geröstet. Die gerösteten Ziegeln enthalten 40 bis 43 Proc. Eisen.

In zwei Rührgruben werden in zwölf Stunden von sieben Arbeitern 25 000 Kilogrm. (500 Ctr.) Erz gewonnen [3]).

---

[1]) Minary und Soudry (Berg- u. Hüttenm. Zeit. 1865, S. 43) haben vorgeschlagen, Eisenfrischschlacken mit Steinkohlen in Verkokungsöfen zu erhitzen; allerdings zu dem Zwecke, das Eisen theilweis zu reduciren, zu kohlen und Phosphor und Schwefel zu entfernen. Ueber die Vergeblichkeit dieser Versuche findet man das Nähere in dem folgenden Capitel. — Kerpely (Fortschritte 1865. S. 124) glaubt, gut backenden Kohlen 11 bis $13\frac{1}{2}$ Proc. Erzklein beimengen zu können, ohne der Verkokung zu schaden, welches letztere zu bezweifeln ist, während der ganze Process wohl meist an zu grosser Kostspieligkeit scheitern dürfte. — [2]) Vergl. Abthl. I, S. 334. — [3]) Die Läuterkosten betragen 5 Thlr. 20 Sgr. für jene 500 Ctr. Tunner, Berg- u. hüttenm. Zeitung 1863. S. 155. Kerl, Metall. III, S. 93.

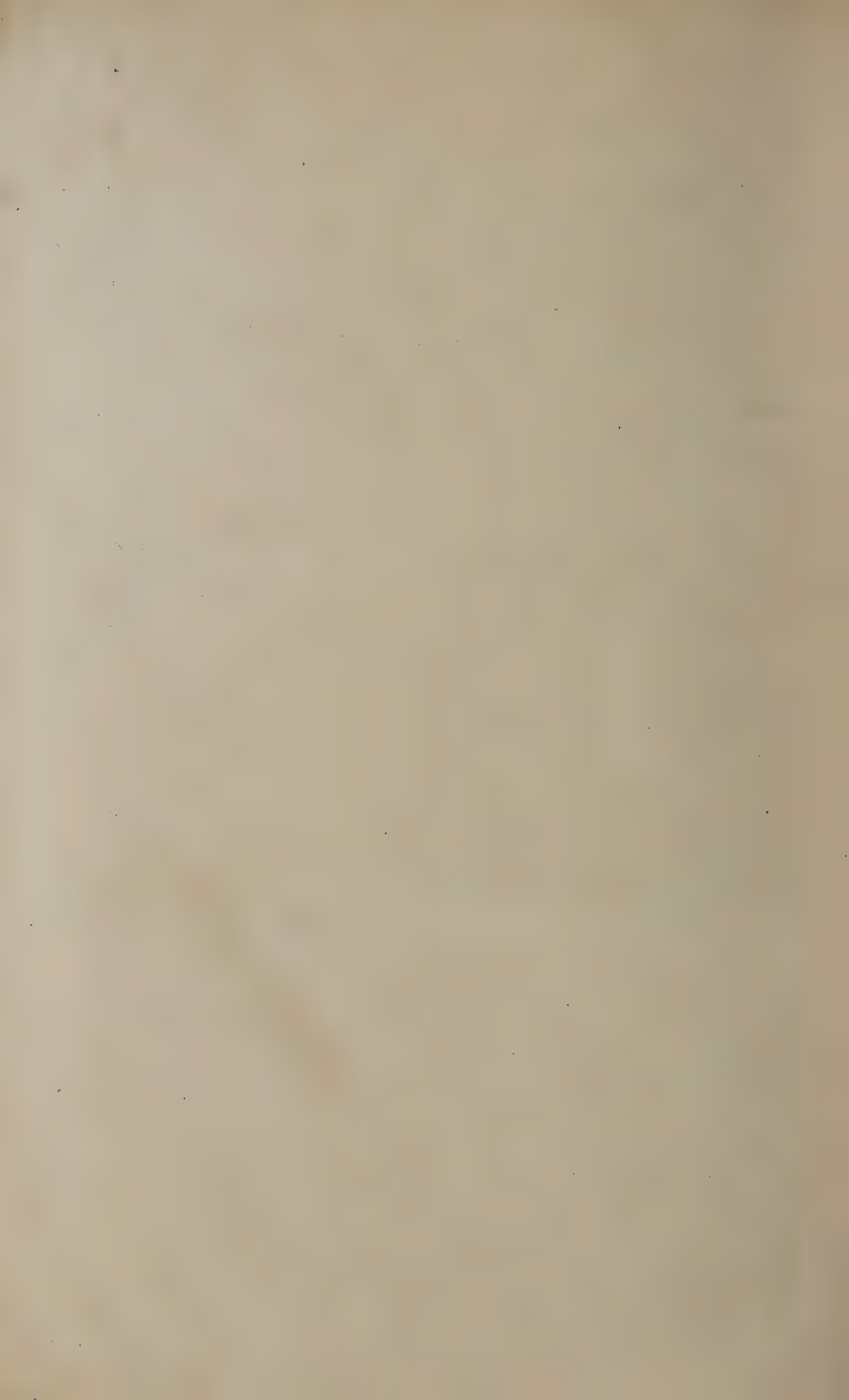
Inhaltsverzeichniss

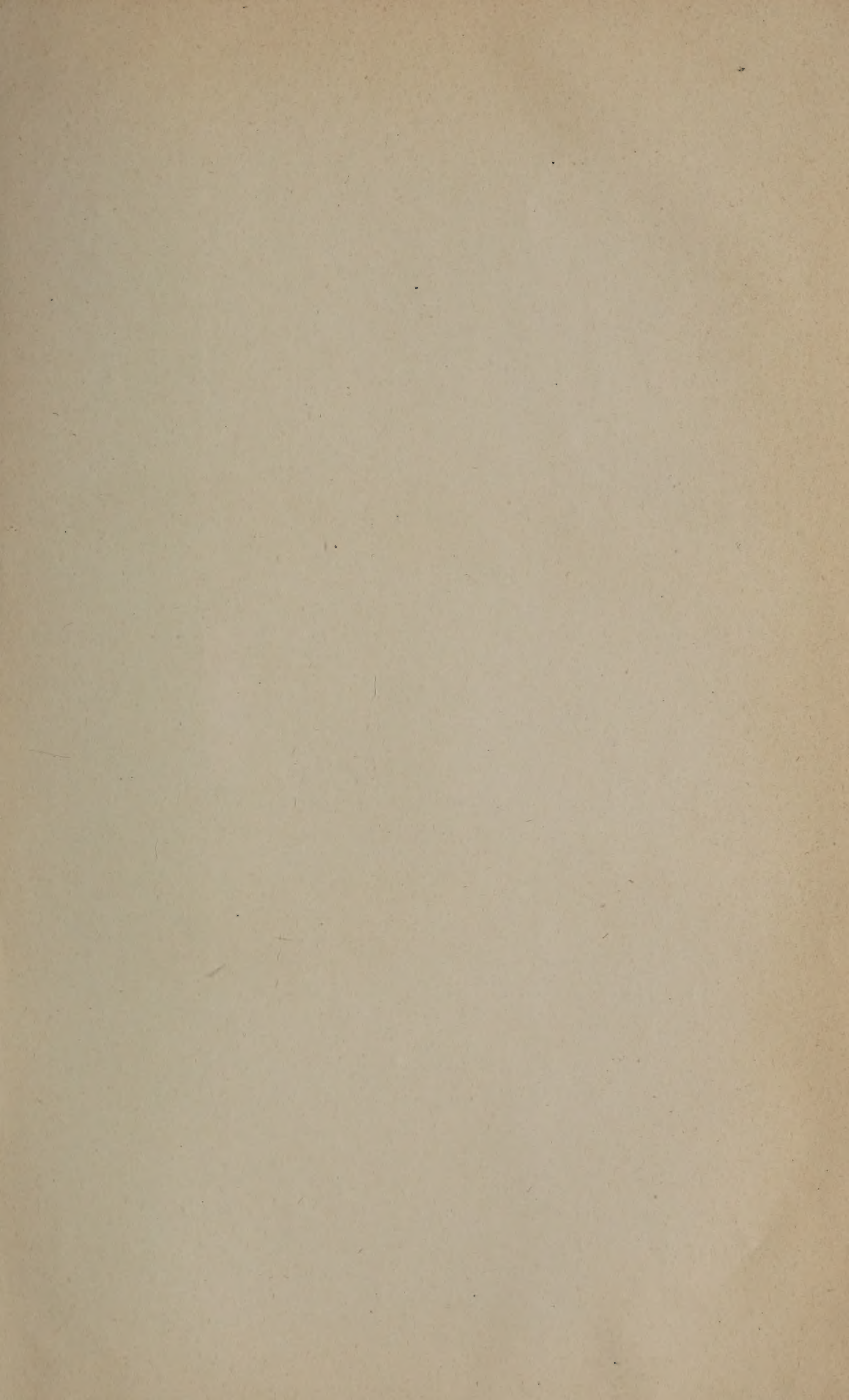
der siebenten Lieferung (dritten Lieferung 2ter Abtheilung)

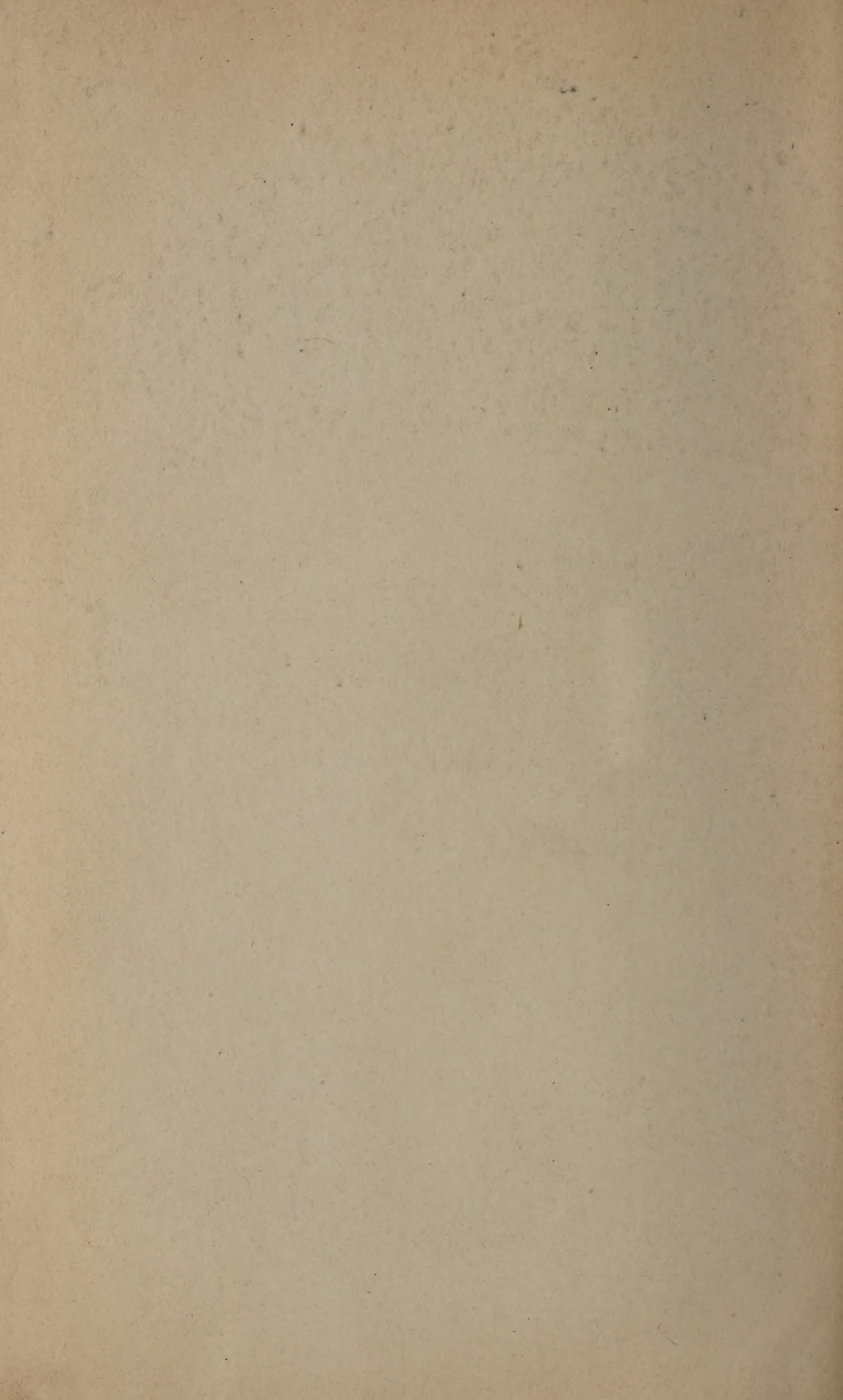
der Eisenhüttenkunde.

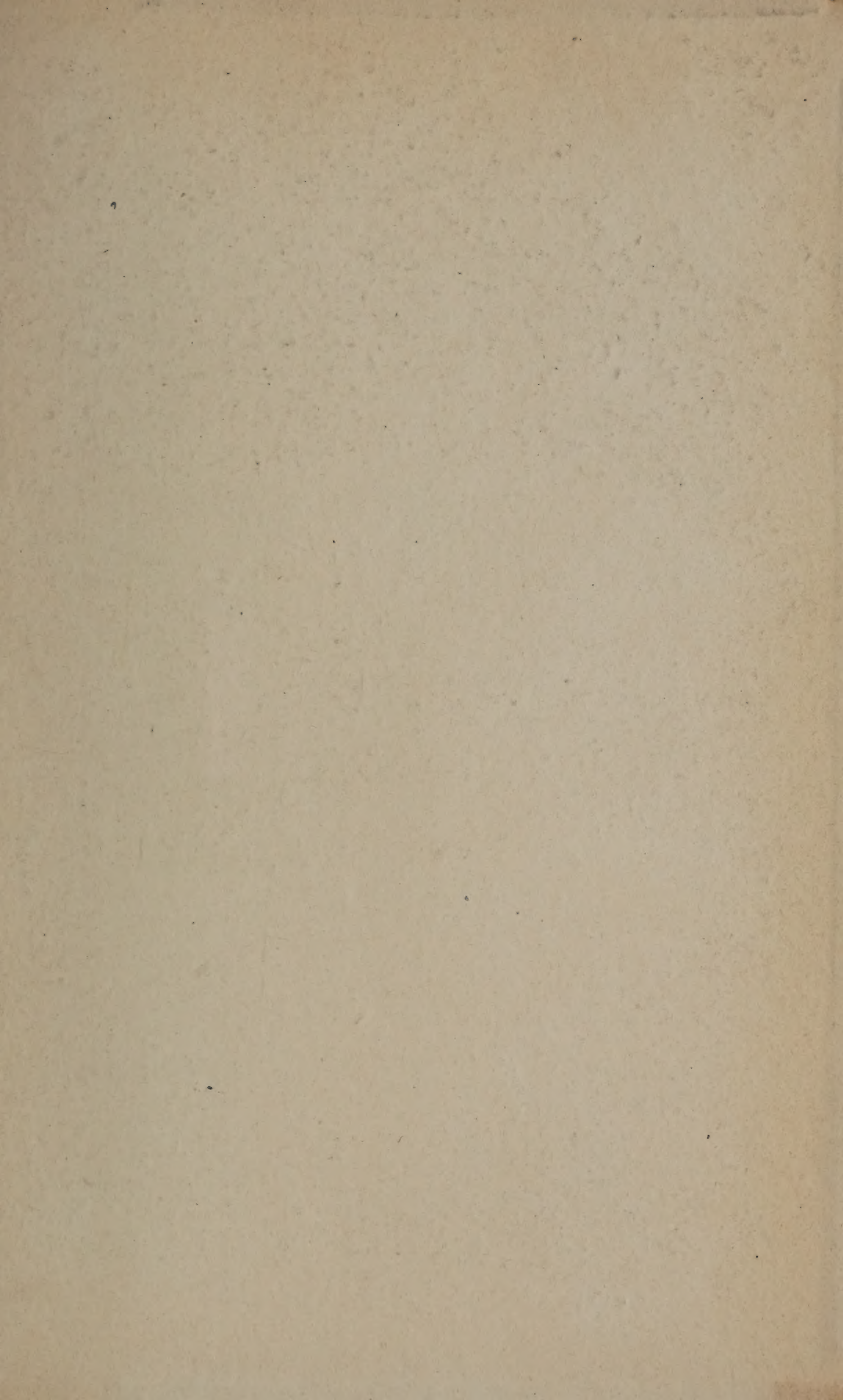
Druckfehler.

Seite 484 Zeile 1 von oben lies *k* statt *K*.
" 499 " 27 " " " Pappenheim statt Pappenhein.










UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 111191570